

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2001年9月20日 (20.09.2001)

PCT

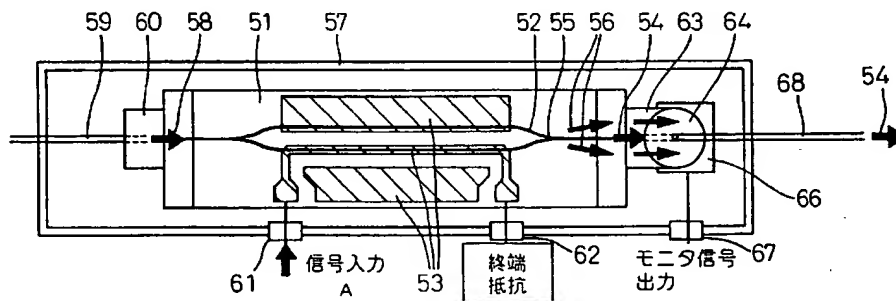
(10) 国際公開番号
WO 01/69308 A1

- (51) 国際特許分類: G02F 1/035, G02B 6/30, 6/42 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 山田 学 (YAMADA, Manabu) [JP/JP]; 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セメント株式会社 光電子事業部内 Chiba (JP). 宮崎徳一 (MIYAZAKI, Tokuchichi) [JP/JP]. 原 徳隆 (HARA, Tokutaka) [JP/JP]; 〒274-8601 千葉県船橋市豊富町585番地 住友大阪セメント株式会社 新規技術研究所内 Chiba (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP01/02073
- (22) 国際出願日: 2001年3月15日 (15.03.2001)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2000-077819 2000年3月15日 (15.03.2000) JP
特願2000-101316 2000年3月31日 (31.03.2000) JP
特願2000-380629 2000年12月14日 (14.12.2000) JP
- (74) 代理人: 石田 敬, 外 (ISHIDA, Takashi et al.); 〒105-8423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CA, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL WAVEGUIDE MODULATOR WITH OUTPUT LIGHT MONITOR

(54) 発明の名称: 出力光モニタ付光導波路型変調器



A...SIGNAL INPUT
62...TERMINATING RESISTOR
67...MONITOR SIGNAL OUTPUT

(57) Abstract: An optical waveguide modulator with an output light monitor hardly restricted in dimension, having a high reliability, produced at low production cost, and comprising an optical waveguide element (including surface waveguide parts formed on a dielectric substrate, a coupling part for convergently coupling them, and an output light output waveguide part continuous with the coupling part), an output light optical fiber connected to the output end of the output light output waveguide part of the optical waveguide element, a reinforcing capillary for reinforcing the connection part between the optical waveguide element and the output light optical fiber, and monitor light light-receiving means, wherein the reinforcing capillary has a through hole or groove accommodating and holding the output light optical fiber, a joined surface joined to the end face on the output side of the substrate of the optical waveguide element, and a fore end face opposite to the joined surface, the reinforcing capillary receives the monitor light outputted from the optical waveguide element by means of at least one of the reinforcing capillary itself and the monitor light optical fiber disposed therein, propagates the monitor light, and outputs it outside the reinforcing capillary, and the monitor light light-receiving means is disposed in a position where it receives the monitor light outputted from the reinforcing capillary and has a photo-electric transducing element.

[続葉有]

WO 01/69308 A1

Express Mail No. EL717377634US



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

寸法形状に制約が少なく信頼性が高く製造コストの低い出力光モニタ付光導波路型変調器は、光導波路素子（誘電体基板上に形成された複数の表面導波路部と、これらが収斂結合する結合部と、それに連続する出力光出力導波路部とを含む）、

前記光導波路素子の出力光出力導波路部の出力端に接合されている出力光用光ファイバ、前記光導波路素子と出力光用光ファイバとの接合部を補強する補強キャピラリ、並びにモニタ光受光手段を有し、前記補強キャピラリは、前記出力光用光ファイバと収容保持する透孔又は溝と、前記光導波路素子の基板の出力側の端面に接合されている接合面と、この接合面の反対側の先端面とを有し、

前記補強キャピラリは、それ自身と、及びその中に配置されたモニタ光用光ファイバとの少なくとも一方により、前記光導波路素子から出力されたモニタ光を受光し、伝播し、補強キャピラリの外に出力することができ、前記モニタ光受光手段は前記補強キャピラリからその外に出力されたモニタ光を受光する位置に配置され、かつ光電変換素子を有する。

明 細 書

出力光モニタ付光導波路型変調器

技術分野

本発明は、出力光モニタ付光導波路型変調器に関するものである。更に詳しく述べるならば、本発明は、光通信分野において、例えば外部強度変調の用途に用いられ、その光出力を、光導波路から放射又は出力されるモニタ光を利用してモニタし、モニタ結果をフィードバックして光強度変調の動作点を制御できる、出力光モニタ付光導波路型変調器に関するものである。

背景技術

LiNbO_3 （以下LNと記す）又は GaAs などからなる基板の表面部に光導波路を形成した光導波路型光強度変調器は、その高速性、波長依存性が低いこと及び駆動電圧が低いこと、などの長所を有し、このために、光通信分野の外部変調器として広く実用されている。特に前記低波長依存性を活用してDWDMシステムにおいて広く用いられている。

しかしながら、光導波路型変調器には、温度ドリフト及びDCドリフトと称される動作点電圧のドリフト現象があり、このため、出力光をモニタし、その出力に応じて、動作点電圧にフィードバックして、上記ドリフト現象があってもその動作点を所定特性曲線上の同一点に保持することが必要である。

出力光をモニタするための手段として、出力光ファイバを、変調器モジュール外において、光カップラに結合し、この光カップラにおいて、出力光を、主信号光とモニタ用分岐光とに分岐し、モニタ用分

岐光を光電変換素子において、電気信号に変換し、この電気信号によりDC電圧を制御するシステムが知られている。しかし、このシステムにおいては、モニタ用光の分岐のための光カプラ及び光電変換素子を、変調器モジュール外に配置することが必要であり、このため変調器システムのコストが増大し、その寸法、形状における制約が大きく、かつ信頼性が不十分であるという問題点がある。

光導波路素子の出力光をモニタする他手段として、光導波路素子内に方向性結合器（カプラ）などを配置して、光信号出力用導波路とは別に、モニタ光出力用導波路を設ける方式が一般的に行なわれている。この方式においては、光導波路素子内に、モニタ光分岐用の光回路を新たに設ける必要があり、またモニタ出力用光ファイバを、光出力信号用光ファイバとは別に光導波路素子に接続する必要がある。

また、別のモニタ方式として、特開平11-194237号に開示されている様に、光導波路上のクラッド部に傾斜穴をつけるか、あるいは光導波路素子上に回折レンズなどを配置し、光導波路中の信号出力光の一部分を、このレンズ等により素子基板の外に取り出す方式が知られている。この方式においては、光導波路型光導波路素子上に、モニタ光取り出し用レンズ等を、新たに取り付けることが必要であり、また、モニタ光は、光導波路素子の上方に取り出されるため、モニタ光の受光部材は、光導波路型素子を、その収容ケース内に実装した後に、この素子に取り付けなければならない、この取り付けには、かなりの手間を要する。

さらに、特開平5-34650号には、光導波路素子の素子端を斜めに形成し、導波路から出力する光の一部分を斜め方向に反射させ、この反射光をモニタ光として受光する方式が開示されている。この方式においては、素子端面の傾斜形状は、素子からの主出力光に悪影

響を与えない範囲内において選定する必要があり、このためこの方式の実用性については問題がある。

特開平5-53086号には、光導波路素子上に直接受光素子を設置し、光導波路中の信号出力光の一部を直接受光し、モニタするデバイスが記載されている。このデバイスにおいて、受光素子の取付手段を、光導波路素子上に取り付けることが必要であり、かつ、この取付手段の実装及びそれに受光素子を接続する作業及び調整作業は、光導波路素子を、それを収容するケースに実装した後に行われるから、この受光素子の取り付け、調整作業は、かなり難かしく、光導波路素子にダメージを与える可能性が高くなる。

発明の開示

本発明の目的は、寸法・形状に関する制約が少なく、簡単な構造のモニタ手段により、高い信頼度と低いコストをもって、出力光の強度をモニタできる出力光モニタ付光導波路型変調器を提供することにある。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、前記光導波路が複数の表面導波路部と、これらの表面導波路部が収斂結合する導波路結合部と、この導波路結合部に連続する出力光出力導波路部とを有する光導波路素子、

前記光導波路素子の出力光出力導波路部の出力端に接合されている出力光用光ファイバ、

前記光導波路素子と出力光用光ファイバとの接合部を補強する補強キャピラリ、並びに

モニタ光受光手段

を有し、

前記補強キャピラリは、前記出力光用光ファイバと収容保持する

透孔又は溝と、前記光導波路素子の基板の出力側の端面に接合されている接合面と、この接合面の反対側の先端面とを有し、

前記補強キャピラリは、それ自身と、及びその中に配置されたモニタ光用光ファイバとの少なくとも一方により前記光導波路素子から出力されたモニタ光を受光し、伝播し、補強キャピラリの外に出力することができ、

前記モニタ光受光手段は前記補強キャピラリからその外に出力されたモニタ光を受光する位置に配置され、かつ光電変換素子を有する、

ことを特徴とするものである。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の好ましい１態様（１）において前記補強キャピラリが光伝播性材料により形成されており、

前記光導波路素子の導波路結合部において発生する放射モード光が、前記誘電体基板中を伝播して、前記光伝播性補強キャピラリにより受光され、

前記補強キャピラリから出力される放射モード光をモニタ光として前記モニタ光受光手段が受光する。

前記態様（１）の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリ形成用光伝播性材料が透明ガラスであることが好ましい。

前記態様（１）の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記光伝播材料により形成された、

補強キャピラリの先端面が反射面を形成していて、

前記光導波路素子の光導波路結合部から放射される放射モード光が、前記光導波路素子の前記誘電体基板と、及びその出力側端面に接合された補強キャピラリとの中を伝播して、前記先端反射面にお

いて反射され、

前記モニタ光受光手段が前記反射された放射モード光をモニタ出力光として受光することが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリが円筒形をなしていることが好ましい。

前記態様（１）の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリが透明ガラス製円筒体であって、その長手方向軸に沿って前記出力光用光ファイバ保持用透孔又は溝が形成され、前記透孔又は溝の長手方向軸と、前記反射面とが斜交することが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

前記態様（１）の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリの先端反射面に光反射膜が形成されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光されることが好ましい。

前記態様（１）の出力光モニタ付光導波路型変調器において、前記補強キャピラリの接合面が前記光導波路素子に接着剤により接着されており、前記補強キャピラリの底面の、前記接合面の近傍の部

分に、前記接着部から流出した前記接着剤過剰部分を收容するための第1汚れ防止溝が形成されていて、それによって、前記補強キャピラリの放射モード光放射面の汚れを防止することが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様(1)において、前記出力光ファイバと前記透孔又は溝とが接着剤により接着されており、

前記補強キャピラリの底面の、前記反射面の近傍の部分に、前記接着部より流出した接着剤過剰部分を收容する第2汚れ防止溝が形成されていて、それによって、前記補強キャピラリの放射モード光の放射面の汚れを防止することが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様(1)において、前記光伝播性材料により形成された、前記補強キャピラリの先端面にモニタ光反射面部と、非モニタ面部とが形成されており、

前記光導波路素子の導波路結合部から前記出力光出力導波路部の両側に放射された放射モード光が、前記導波路素子の前記誘電体基板及びその出力側端面に接合された前記補強キャピラリ中を伝播し、

前記放射モード光のうち、前記出力光出力導波路部に放射された部分のみが、前記反射面部において前記モニタ光受光手段に向って反射され、前記モニタ光受光手段によりモニタ出力光として受光され、前記非モニタ面部に到達した放射モード光は、モニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されないことが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様(1)において、前記補強キャピラリが円筒形をなしていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様(1)において、前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを收容する透光又は溝の長手方向軸に対して斜交していて

、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端反射面に光反射膜が形成されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面の、前記反射面部と非モニタ面部との境界線が前記放射モード光の前記反射面部に至る伝播路と、前記非モニタ面部に至る伝播路との中間にあり、かつこの境界線が、前記補強キャピラリの先端面において、前記透孔の長手方向軸と交差し、かつ前記境界線と同一の方向に伸びる中心線と、この中心線に平行であってかつ前記補強キャピラリの透孔部の外周線の、前記反射面部を形成している部分に接する接線との間に位置していることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面非モニタ面部が、前記補強キャ

ピラリの先端面の反射面部を残して他の面部を内側に切り込み除去することによって形成されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部が、前記放射モード光を反射することのない非反射性面からなることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して、この非モニタ面部において反射された反射モード光を遮断する手段が、前記非モニタ面部と、前記モニタ光受光手段との間に配置されていることも好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の前記態様（１）において、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して前記キャピラリ中に前記放射モード光を前記非モニタ面部の上流において遮断する手段が設けられていることも好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子の光導波路が、前記出力光出力導波路部とともに導波路結合部に連結されたモニタ光出力導波路部を有し、このモニタ光出力導波路部の出力端からモニタ光が出力される。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記モニタ光出力導波路部の出力端に、モニタ光出力用光ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形成されかつ前記モニタ光出力用光ファイバ片よりも長いモニタ光用溝の中に保持され、このモニタ光用溝の、前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端に対向する端面はモニタ光反射面を形成していて、前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端から出力されたモニタ光は、前記反射面において反射され、

前記モニタ光受光手段が、前記反射されたモニタ光を、モニタ光出力光として受光することが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記モニタ光用溝の他端反射面が反射膜により形成されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記モニタ出力光用光ファイバ片が、マルチモード光ファイバからなることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子の導波路結合部にXカプラ又は方向性結合器が配置され、このXカプラ又は方向性結合器に前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部が連結されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子の導波路結合部に出力光出力導波路部が連結され、この出力光出力導波路部に方向性結合器を介してモニタ光出力導波路部が連結されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記モニタ光出力導波路部の出力端にモニタ光出力用光ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形成されかつ前記モニタ光出力用光ファイバ片よりも長くないモニタ光用透孔又は溝の中に保持され、

前記補強キャピラリ中の、前記モニタ光用透孔又は溝が、前記補強キャピラリと前記光導波路素子との接合面から遠ざかるにつれて、前記出力光用透孔又は溝からも遠ざかるように傾斜して形成されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面は、前記モニタ光受

光手段に指向して、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面から出力されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記モニタ出力光用光ファイバ片がマルチモード光ファイバからなることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子の導波路結合部にXカプラ又は方向性結合器が配置され、このXカプラ又は方向性結合器に前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部が連結されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子の導波路結合部に出力光出力導波路部が連結され、この出力光出力導波路部に方向性結合器を介してモニタ光出力導波路部が連結されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記光導波路素子のモニタ光出力導波路部が、前記出力光出力導波路部とともに、前記複数の表面光導波路部に、前記導波路結合部において、方向性結合部、クロスカプラ構造、又は TAPカプラ構造を介して結合されており、

前記出力光出力導波路の出力端は、前記補強キャピラリの透孔又は溝を通して挿入された光ファイバの入力端に接合されており、

前記補強キャピラリが、光伝播性材料により形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力されたモニタ光は、前記補強キャピラリの中を伝播し、これを透過して、又は前記補強キャピラリに設けられた光反射面部により反射されて前記モニタ光受光手段により受光され、

前記出力光出力導波路部の出力端と、前記モニタ光出力導波路部

の出力端とは、互いに間隔をおいて離間しており、この離間間隔は、前記モニタ光出力導波路から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播するモニタ光が、前記出力光出力導波路の出力端から出力された出力光により影響を受けないために十分に大きいことが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面には、前記モニタ光出力導波路の光軸に斜交する反射面部が形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播したモニタ光は、前記反射面部において、前記モニタ光受光手段に向って反射されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂し、受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面の、前記モニタ光受光手段に指向するモニタ光の伝播及び出力に関与しない非モニタ面部の少なくとも一部分が切除されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを収容する透孔の長手方向軸に対して斜交していて、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリが円筒形をなしていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面の、前記反射面部と非モニタ面部との境界線が前記放射モード光の前記反射面部に至る伝播路と、前記非モニタ面部に至る伝播路との中間にあり、かつこの境界線が、前記補強キャピラリの先端面において、前記透孔の長手方向軸と交差し、かつ前記境界線と同一の方向に伸びる中心線と、この中心線に平行であってかつ前記補強キャピラリの透孔部の外周線の、前記反射面部を形成している部分に接する接線との間に位置していることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面非モニタ面部が、前記補強キャピラリの先端面の反射面部を残して他の面部を内側に切り込み除去することによって形成されていることが好ましい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部が、前記放射モード光を反射することのない非反射性面からなるものであってもよい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（２）において、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して、この非モニタ面部において反射された反射モード光を遮断する手段が、前記非モニタ面部と、前記モニタ光受光手段との間に配置されていてもよい。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（１）及び（２）において、前記光導波路素子が、さらに SiO_2 層を有し、この SiO_2 層が前記表面導波路部の入力端部分と、並びに前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部の出力端部分を除く残余の部分との上に形成されていることが好ましい。

図面の簡単な説明

図１（Ａ）は、従来の変調器の印加電圧－光出力特性曲線を示すグラフであり、

図１（Ｂ）は、図１（Ａ）の特性を有する変調器に入力されるRF信号の波形を示し、

図１（Ｃ）は、図１（Ａ）の特性を有する変調器から出力される出力信号の波形を示し、

図１（Ｄ）は前記変調器から出力する信号の歪んだ波形、

図２は、従来出力光モニタ付光導波路型変調器の一例の構成を示す平面説明図であり、

図３は、従来出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例の構成を示す平面説明図であり、

図４（Ａ）は、複数個の表面導波路部と、それらが収斂結合する導波路結合部を有する光導波路素子における放射モード光の発生を示す平面説明図であり、

図４（Ｂ）は、図４（Ａ）の光導波路素子における放射モード光の発生状況を示す側面説明図であり、

図５は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の一実施態様の構成を示す平面説明図であり、

図６は、図５に示された出力光モニタ付光導波路型変調器の構成を示す正面説明図であり、

図 7 は、図 5 及び図 6 に示された変調器の、光導波路素子の出力側の端面における補強キャピラリ及び光ファイバの配置、出力光及び放射モード光の状態を示す側断面説明図、

図 8 は、図 5 又は図 6 に示された変調器から出力される信号光とモニタ光の波形の一例を示すグラフであり、

図 9 は、図 5 又は図 6 の変調器において反射された放射モード光（モニタ光）の、モニタ光受光手段の光電変換素子における入射面域を示す説明図であり、

図 10 は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の要部の構成を示す平面説明図であり、

図 11 は、図 5 の光変調器の補強キャピラリ先端面における放射モード光反射面の形状の一例を示す側面説明図であり、

図 12 は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の一態様の構成を示す平面説明図であり、

図 13 は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の一態様の要部の構成を示す平面説明図であり、

図 14 は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の態様の要部の構成を示す平面説明図であり、

図 15 は、図 14 の変調器の要部の構成を示す一部断面正面説明図であり、

図 16 は、図 14 及び図 15 の変調器から出力される主出力光とモニタ出力光との波形を示すグラフであり、

図 17 は、図 14 及び図 15 の変調器の補強キャピラリの構成を示す断面説明図であり、

図 18 (A) は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の補強キャピラリのモニタ用 V 形溝の形状の一例を示す平面説明図であり、

図18（B）は、図18（A）のモニタ用V形溝の正面断面説明図であり、

図18（C）は、図18（A）のモニタ用V形溝の側面断面説明図であり、

図19（A）は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の光導波路素子の光導波路部の構成の一例を示す平面説明図であり、

図19（B）は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の光導波路素子の光導波路部の構成の他の例を示す平面説明図であり、

図20（A）は、実用上実施できない光導波路の構成の一例を示す平面説明図であり、

図20（B）は、実用上実施できない光導波路の構成の他の例を示す平面説明図であり、

図21は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例の要部の構成を示す平面説明図であり、

図22は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例の構成を示す平面説明図であり、

図23は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例の構成を示す平面説明図であり、

図24（A）は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の光導波路素子の複数の表面導波路部の結合部において、出力光導波路部と、モニタ光導波路部との結合方式の一例を示す平面説明図であり、

図24（B）は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の光導波路素子の複数の表面導波路部の結合部において、出力光導波路部と、モニタ光導波路部との結合方式の他の例を示す平面説明図であり、

図24（C）は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の光導

波路素子の複数の表面導波路部の結合部において、出力光導波路部と、モニタ光導波路部との結合方式の他の例を示す平面説明図であり、

図25は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の補強キャピラリの一例の先端部の側面説明図であり、

図26は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の補強キャピラリの形状の一例を示す斜視説明図であり、

図27は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の一例の平面説明図であり、

図28は、図27の出力光モニタ付光導波路型変調器の正面説明図である。

発明を実施するための最良の形態

前述のように一般に光導波路型変調器には、温度ドリフト及びDCドリフトと称される動作点電圧のドリフト現象があり、このため、出力光をモニタし、その出力に応じて、動作点電圧にフィードバックして、上記ドリフト現象があってもその動作点を所定特性曲線上の同一点に保持することが必要である。この状況を図1-(A)～(D)に示す。図1-(A)に示された変調器印加電圧-光出力特性曲線の波形1において、その波形1の midpoint 2を動作点として、図1-(B)に示されているようにRF信号3を入力用光ファイバ22を通して変調器に印加入力すると、その光出力は、図1-(C)に示されている信号4のように、印加RF信号3に相似の波形を示す。このとき、温度ドリフト及び／又はDCドリフトなどによって、特性曲線の波形が図1-(A)に点線により示されている波形5にシフトすると、出力波形は、図1-(D)に示されているような歪んだ波形6となる。しかし、特性曲線が波形5をとることになっても、そ

の midpoint 7 が動作点になるように、印加DC電圧を制御することにより、出力波形を波形 4 の形状に維持することができる。

図 2 に、従来の出力光フィードバック制御系光導波路型変調器の構成の一例を示す。図 2 において、光導波路型変調器 8 の変調器チップ 9 は、LN又は G_aAs 結晶からなる基板であり、その表面部に入力導波路10、Y形分岐部11、MZアーム導波路部12、13、合波器14、及び出力導波路部15を有するマッハツェンタ（以下MZと記す）型導波路 8 a が形成されている。アーム導波路部12、13の近傍に制御電極16、16' が配置され、この電極16、16' の間に、コネクタ17を介してRF信号発信器（電極制御回路18 a）からRF信号18を印加し、この印加されたRF信号18に応じて、導波路 8 a を通る光が位相変調され、合波器14で合波する。このようにして光強度を変化した出力光が出力導波路部15から、出力光ファイバ23を通して出力する。

別に、RF電極16、16' に直列に設けられた電極19、19' には、DC端子20を介してDC電圧21を印加し、それによって、RF信号18の中心点を変調曲線上の動作点（中点）2に設定する。入出力導波部10、15は、それぞれ入出力光ファイバ22、23と結合されている。出力光ファイバ23は変調器モジュール24の外において、光カップラ25に結合され、この光カップラ25において、出力光は、主信号光25 a と分岐光26とに分岐され、主信号光25 a は、光カップラ25から出力され、分岐光26は、光電変換素子27に入力され、こゝで電気信号に変換され、この電気信号は、バイアス制御回路28に入力され、こゝでDC電圧21を制御する。このようにしてDC電圧21を制御することにより、DCドリフトなどがあつた場合でも、変調曲線上の動作点を同定し、変調曲線の歪みを防止することが可能になる。

しかしながら、図 2 に示された従来の変調器においては、光カップラ25、光電変換素子27の配置が不可欠であるため、変調器システム

のコストが増大し、その寸法、形状に制約が大きく、さらに信頼性においても不利になる。

従来の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例の平面説明図が、図3に示されている。

図3において、変調器29の光導波路型素子30は、誘電体基板31の上にマッハツェンダ(MZ)型光導波路32及びその制御用電極33が配置され、光導波路32の出口端から光ファイバ23を通して出力信号光34が出力される。この光導波路32の結合部35の下流部に方向結合器36によりモニタ光用光導波路部37が接続されていて、結合部35を通して出力された光の一部がモニタ光37aとして分割され利用される。モニタ光用光導波路部37は、その出力端において、補強部材38により保持されているモニタ光用光ファイバ39に接合され、このモニタ光用光ファイバ39を通して出力されたモニタ光37aは、受光素子40により受光され、この受光素子40からモニタ信号が出力される。

図3に示された従来の変調器においても、受光素子は、光導波路素子を収容しているケース41の外に配置され、かつそれが、モニタ光用光ファイバに連結されているため、変調器システムのコストが高く、かつ、その寸法、形状に対する制約が大きく、信頼性も不十分であるという不利がある。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器においては、誘電体基板、及びその表面に形成された光導波路を含み、前記光導波路が複数の表面導波路部と、これらの表面導波路部が収斂結合する導波路結合部と、この導波路結合部に連続する出力光出力導波路部とを有する光導波路素子と、

前記光導波路素子の出力光出力導波路部の出力端に接合されている出力光用光ファイバ、及び

モニタ光受光手段

を有する変調器に、さらに前記光導波路素子と出力光用光ファイバとの接合部を補強する補強キャピラリを設け

前記補強キャピラリは、前記出力光用光ファイバと収容保持する透孔又は溝と、前記光導波路素子の基板の出力側の端面に接合されている接合面と、この接合面の反対側の先端面とを有し、

前記補強キャピラリは、それ自身と、及びその中に配置されたモニタ光用光ファイバとの少なくとも一方により前記光導波路素子から出力されたモニタ光を受光し、伝播し、補強キャピラリの外に出力することができ、

前記モニタ光受光手段は前記補強キャピラリからその外に出力されたモニタ光を受光する位置に配置され、かつ光電変換素子を有することを特徴とするものである。

本発明の出力光モニタ付変調器の態様（１）においては前記補強キャピラリが光伝播性材料、例えば透明ガラスにより形成されており、

前記光導波路素子の導波路結合部において発生する放射モード光が、前記誘電体基板中を伝播して、前記光伝播性補強キャピラリにより受光され、

前記補強キャピラリから出力される放射モード光をモニタ光として前記モニタ光受光手段が受光する。

マッハツェンダ型導波路などを使用しON/OFF 信号出力を得る光変調器において、OFFモード状態、すなわち光信号が出力されていない状態において発生する放射モード光は、基板内において、光信号出力が導波される出力光導波路に対して、斜め外側方向に放射される。この放射モード光は約 0.7度の放射角をなして導波路出力部から遠ざかりながら通常基板内を伝播し、最終的には基板端面より外部に放射される。また、放射モード光の光量は出力光導波路内を

通る光信号出力の光量と相補の関係にあるので、放射モード光を検知することにより光信号出力のモニタが可能である。

光変調器の基板端面には、光導波路からの光信号出力を受け取り変調器の外部に導光するための光ファイバが取り付けられるが、この光ファイバの外径は $125\mu\text{m}$ と非常に細いため、基板端面に単純に接着しただけでは接着強度が不足する。このため、「ファイバ補強部材」として補強キャピラリを使用して光ファイバを被覆し、この補強キャピラリの1端面を、基板端面に接着することにより光ファイバと光導波路との接続部を補強保護し、その接着強度を向上させることができる。従来この補強キャピラリには、通常シリコン材料あるいはセラミックス材料が使用されている。ここで、補強キャピラリを、その材質として信号光／放射モード光を伝播し得るものを用い、さらに、基板端面より放射される前記放射モード光を受光し得る大きさに形成すれば、放射モード光をこの補強キャピラリ内に導光することができる。

図4 (A) 及び図4 (B) により放射モード光を説明する。図4 Aにおいて、誘電体基板31上に光導波路30が形成されていて、この光導波路30は、光入力源に連続された入力部（図示されていない）、この入力部から分岐した分岐部表面導波路部42、43、これら分岐部42、43の出力側部分44、45、この出力側部分44、45が、収斂して、分岐部42、43、44及び45を通る光が干渉合波する合一点46、及び、この合一点46から伸び出ている出力部47を有している。分岐部42、43の近傍に配置された電極（図示されていない）にRF信号を加えると、分岐部42、43を通る光波の光位相が、異なる変化をして、これらの光波を合一点46において合波すると、互いに干渉して、光強度が、RF信号に応じて変化し、所謂光信号となって、導波路出力部47から出力される。光信号と相補の関係にある光が、放射モード光

48, 49として、合一点46から基板31内に放射され出力部47の両側の斜め外側向きの伝播路48, 49を通して伝播される。放射モード光48, 49は、光導波路30の出力部47から出力される単一モード光に対し高次モード光であり、放射モード光48及び49は、互いに位相が180度異っている。

図4(B)には、図4(A)の光導波路素子の右側端面を示す説明図であって、光導波路の出力部47を通る信号光50と、放射モード光伝播路48a, 49aを通る放射モード光48, 49とは、約0.7度の角度をなしている。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様(1)の一例において、前記光伝播材料により形成された、補強キャピラリの先端面が反射面を形成していて、

前記光導波路素子の光導波路結合部から放射される放射モード光が、前記光導波路素子の前記誘電体基板と、及びその出力側端面に接合された補強キャピラリとの中を伝播して、前記先端反射面において反射され、

前記モニタ光受光手段が前記反射された放射モード光をモニタ出力光として受光する。

また、前記補強キャピラリが透明ガラス製円柱体であって、その長手方向軸に沿って前記出力光用光ファイバ保持用透孔又は溝が形成され、前記透孔又は溝の長手方向軸と、前記反射面とが斜交することが好ましい。一般に出力光用光ファイバ保持用透孔又は溝の長手方向は、補強キャピラリの接合端面に対し、直角をなしていることが好ましい。

前記補強キャピラリの反対側の端面(補強キャピラリの、光導波路素子の出力端面に接着されている接合端面に対し反対側の面)を、前記出力光用光ファイバ保持用透孔又は溝の長手方向に対して傾

斜するように形成すると、この傾斜先端面において、補強キャピラリ中を伝播してきた放射モード光が反射され、補強キャピラリの外（出力光ファイバが取り出される方向とは異なる上、右、下、左のいずれかの方向）に放射される。この放射された光を、光導波路素子ケース内に、光導波路素子とは別個に配置されたモニタ光受光手段、例えばフォトダイオード（PD）を配置して検知して放射モード光の光量を測定し、その値から、光導波路から出力されている出力光の光量をモニタすることができる。

上記補強キャピラリの傾斜端面の傾斜角度、及び方向を設定することにより、放射モード光の反射放射方向を設定し、この放射光を受光できる位置に受光手段を配置し、取り付け、配線することができる。従って、前記補強部材の傾斜先端面の設定により、受光手段の配置位置を、光導波路素子の機能及び各部材の配置位置に影響しないように選定することが可能になる。補強キャピラリの傾斜先端面には、必要に応じ金属または誘電体などからなる反射膜を設け、放射モード光の反射効率を高めることができる。この反射膜は、例えば金属アルミニウムをスパッタ成膜することなどにより形成することができる。

光導波路素子の光導波路は、複数の表面導波路部と、それらが収斂結合する導波路結合部と、この結合部に連続する出力導波路部とを有し、これらは誘電体基板の表面部分に形成されている。複数の表面導波路部は、1個の光入力導波路部から分岐したものであってもよく、或は、それぞれの、結合部に対し反対側の端面において光を入力するものであってもよい。

光導波路の出力端には出力光用光ファイバの1端面が接合されていて、この光ファイバの接合端部分は、補強キャピラリにより補強されている。補強キャピラリは、光導波路から放射される放射モー

ド光を受光し、伝播するのに十分な大きさを有し、かつ、その1端面は光導波路素子の出力側端面に、接着されて接合端面をなしており、その反対先端面は、接合端面に対して傾斜している傾斜端面をなしている。前述のように補強部材には、その傾斜端面と傾斜端面とを連通し、出力光用光ファイバを保持するための透孔又は溝を有している。この透孔又は溝は、補強キャピラリの長手方向に沿って形成され、この長手軸と傾斜端面とは斜交する。溝は光ファイバが配置された後蓋により被覆されてもよく、或は被覆されなくてもよい。補強部材の透孔又は溝に保持されている光ファイバの端面は、前述のように、光導波路出力端面に接合されている。

図5は、本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の一例の構成を示す平面説明図（天井板を除く）であり、図6は、図5の変調器の側断面説明図であり、図7は、図5、図6の変調器の、光導波路素子端面と、光ファイバ及び補強部材との接合部の構成を示す側面説明図である。

図5、6及び7において、光導波路型素子の基板51上に、マッハツェンダ（MZ）型光導波路52及びその制御用電極53が配置され、光導波路52の出力端から、出力信号光54が出力される。この光導波路52の結合部55から、放射モード光56が放射され、基板51内を伝播し、基板51の外部に向って放射される。

変調器は変調器ケース57中に収容されており、入力光58は入力側光ファイバ59により光導波路52に入力される。光ファイバ59は、入力側ファイバ補強部材60により保持補強されて、その先端が光導波路52の入力端に接続されている。制御用電極53は、制御信号により制御され、この制御信号は、制御信号入力用コネクタ61を経て入力し、出力用コネクタ62を経て出力する。

光導波路素子の出力端面には、補強キャピラリ63の接合端面が接

合されており、基板51内を伝播してきた放射モード光56は補強キャピラリ63の内部を導光される。補強キャピラリ63の傾斜端面64において、放射モード光56は反射されて、補強キャピラリの外に放射され、この反射された放射モード光65は、受光手段66により受光されモニタされる。受光手段66からのモニタ信号出力は、ケース57に設けられたコネクタ67を経て出力される。補強キャピラリ63中に形成された透孔により保持されている光出力ファイバ68の端面は、光導波路52の出力端面に接合されている。

図5、6、7の光導波路素子の入力端部において、入力側光ファイバ59の端面が、光導波路52の入力端面に接合され、この接合部は、入力側補強部材60により補強されている。光ファイバ59から入力光58が、光導波路52に入力される。

上記のように接合された各部材は、ケース57内に収容され、その上部開口部は天井板（図示されていない）により封止される。また入力側及び出力側光ファイバの他端部は、ケース側壁に設けられた透孔を通してケース外に導出される。前記透孔が封止されることもあるが、前記各部材が取り付けられ、固定されるだけで、ケース天井並びにケース透孔部は、封止されないこともある。

本発明において、モニタ光として放射モード光を用いる場合、補強キャピラリは放射モード光伝播性材料により形成される。この場合に用いられる補強キャピラリは、放射モード光に対して透明なシリコン材料（シリコン単結晶）ガラス材料（例えば石英ガラス、又はホウケイ酸ガラスなど）又はセラミック材料により形成され、その形状寸法は、所望の放射モード光をモニタし得る限り格別の制限はないが、透孔を有する円筒形をなしていることが好ましい。光ファイバ保持用透孔又は溝は、この円筒体の長手軸に沿って形成されることが好ましく、この長手軸と、傾斜端面とは斜交する。

前記透孔を有する円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される。

図6に示されているように、補強キャピラリ63の底面の接合端面近傍に、第1汚れ防止溝69が形成され、また補強キャピラリ63の底面の、傾斜端面の近傍に第2汚れ防止溝70が形成されている。第1汚れ防止溝69は、補強キャピラリ63と光導波路素子との接着に用いられた接着剤の過剰部分を収容するものであって、それによって、補強キャピラリ63の、放射モード光放射面に汚れを生ずることを防止する。また、第2汚れ防止溝70は光ファイバ68と、補強キャピラリ63の透孔又は溝との接着に用いられた接着剤の過剰部分を収容するものであって、それによって、補強キャピラリの放射モード光の放射面の汚れを防止することができる。

本発明の上記出力光モニタ付光導波路型変調器は、下記の利点を有するものである。

また、前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光されるようになっていてもよい。

1) 構造が簡単である。

すなわち、光強度変調器の形状並びに構造、素子の実装方法および技術ともモニタ出力がないものと同一であり、新たな技術を必要としない。

2) モニタ出力光は空間伝搬であり、導光用ファイバなどを必要としない。

従って、ケース内への光導波路素子組込時に、モニタ光出力用導波路へのファイバ接続、光導波路素子上への受光手段の取付と配線等の特殊作業が不要である。また、受光手段並びにその配線などを予めケース内に組み込んでおくことが可能であり、更に上記作業を行うためにケース内に特別な設計を行うことが不要である。

3) モニタ光を任意な方向に放射させることが可能である。

従って、受光手段の位置を自由に選ぶことができるのでケース内の空いている部分に受光手段を置くことが可能であり、ケース内に受光手段を置くための特別な設計を行うことが不要となる。

4) 放射モード光を使用する。

非強度変調器としては、通常利用されない光である放射モード光をモニタ光として使用するため、光導波路素子にモニタ光出力用分岐部等の特別な設計部分を設ける必要がないばかりか、変調器で問題となる光の透過ロス増大をまねくことが無い。

従って、従来型の光強度変調素子そのまま使用可能であり、モニタ用光導波路分岐部やモニタ光取り出し用レンズの配置が不要である。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様(1)の他の例において、前記光伝播性材料により形成された、前記補強キャピラリの先端面にモニタ光反射面部と、非モニタ面部とが形成されており、

前記光導波路素子の導波路結合部から放射される放射モード光が前記導波路素子の前記誘電体基板及びその出力側端面に接合された前記補強キャピラリー中を伝播し、

前記誘電体基板及び補強キャピラリー中を伝播する放射モード光のうち、前記出力光出力導波路の片側を通して伝播された放射モード光のみが前記反射面部において、前記モニタ光受光手段に向って反

射され、前記モニタ光受光手段によりモニタ出力光として受光され、前記非モニタ面部に到達した放射モード光は、モニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されない。

この場合、前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを収容する透孔又は溝の長手方向軸に対して斜交していて、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されることが好ましい。

また前記補強キャピラリが前記透孔を有する中空円筒形をなしていることが好ましい。この場合前記中空円筒形補強キャピラリの反射面より反射された放射モード光は、前記中空円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、中空円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される。

図8には、図5～7に示された変調器において、反射先端面から反射され、受光手段によりモニタされ、出力された光の波形を例示したものであって、曲線71は、出力光ファイバ68から出力された光信号54の波形を示し、曲線72は、反射された放射モード光65を受光手段66の光電変換素子によりモニタした光の波形である。両光波71及び72は、互いに異なるが、相補の関係にある。

図5～7の変調器において、キャピラリー63の反射先端面64の、受光手段66に近い下半部から反射された放射モード光と、受光手段66から遠い上半部から反射された放射モード光とは、それぞれ、図9に示されているように受光手段66の受光面の入射矩形面域73及び74に入射する。この矩形面域73及び74は、面域75において互いに重なった場合には、この面域75において入射した放射モード光は、互いに干渉し、このため、受光手段の光電変換素子のモニタ光出力が、環境温度その他の外乱により変動する（揺らぐ）という問題を生

ずることがある。

この問題は、下記のようにして解決することができる。

図10に示された本発明の出力光モニタ付光導波路型光変調器においては、キャピラリー63の内部63aを伝播する放射モード光の部分を、補強キャピラリー63の先端面の約半部においてのみ、これを受光手段（光電変換素子）に向って反射し、受光させるように、補強キャピラリー63の先端部の半部にモニタ光用反射面が形成されていて、他の約半部は、放射モード光を、受光手段に受光させない非モニタ面を形成している。

図10において、基板51の出力端及びそれに接合された補強部材76の出力端部の端面76aは、光導波路出力部47の長手中心軸に直角をなす平面47aに対し、傾斜して、例えば5度の傾斜角をもって形成されている。

キャピラリー63の長手中心軸の方向も、光導波路出力部47の長手方向に対して傾斜する方向に伸びており、従って、光導波路出力部47の出力端面と、光ファイバの接続端面（図示されていない）とは、互いに傾斜して接続されている。例えば、補強部材76の端面76aと、補強キャピラリー63の光ファイバ用透孔77の長手方向中心軸78に直角をなす平面78aとは、7度の傾斜角をなしている。

図10において、キャピラリー63の先端面の上半部79（受光手段66に近い約半部）に反射面が形成され、この上半部反射面79において反射された放射モード光80のみが受光手段66により受光される。補強キャピラリー63の先端部分の下半部は、図10に示されているように、先端面から深さWまで切り込まれ、補強キャピラリー63の周面から深さFの部分81が除去される。この除去部分81の除去により補強キャピラリー63の下半部に形成された端面82においては、放射モード光は、矢印82aの方向に反射されるから、受光手段66により受

光されることはない。このため、図10の光変調器においては、放射モード光の一部が補強キャピラリー先端面の下半部から反射されて、受光手段に受光されることはなく、その結果、図9に示されている面域75のような干渉領域を生ずることがなく、受光手段の光電変換素子から出力されるモニタ光が安定化される。

キャピラリー63の反射面79と、透孔77の長手方向中心軸77aとのなす角度は、反射光が、受光手段66に受光されるように適宜に設定できるが、一般に、40～46度の角度に設定されることが好ましい。補強キャピラリー63の長さは、光ファイバの保持が確実になるように、2～4mmの範囲に設定されることが好ましく、補強キャピラリー63の直径は、放射モード光の所望光量を、受光手段に受光させるための所要の反射面を形成できるように適宜に設定し得るが一般に、0.25～2.5mm程度であることが好ましい。補強キャピラリー63の反射面79から反射された放射モード光は、受光手段の光電変換素子の受光面に、ほぼ直角をなす入射光で入射することが好ましい。

補強キャピラリーの周面は円柱状周面をなしていることが好ましく、このようにすると、キャピラリーの周面は円柱レンズ効果を示し、有限の焦点距離を有する。この焦点距離近傍に光電変換素子の受光面を配置することが好ましく、これにより、S/Nが良好になる。

図10に示されているように、補強キャピラリー63の先端面部の下半部81を除去することにより、下記の効果が得られる。

(1) 補強キャピラリー63の透孔77は光ファイバ78を通すためできるだけ大きな直径を有することが望ましいが、放射モード光の放射角が約 0.7° と小さいため、放射モード光をキャピラリーの肉質部76を伝搬させるには、透孔の孔径は小さい程好ましく、このため、透孔の内径を光ファイバ外径よりも $1\mu\text{m}$ 程度大きくするが、こ

の場合、図5、6のように、補強キャピラリー先端面全面が斜面のままでは、透孔内に光ファイバを導入することが非常に困難である。また、通常、光ファイバ導入部にはテーパ付き部分を設けて光ファイバを導入し易くするが、このようなテーパ付導入部も、上記と同じ理由により採用できない。しかし、図10の様な構造とすれば、透孔の、除去部分81に対向する部分は、光ファイバ導入用溝として機能し、光ファイバを案内し、光ファイバの透孔導入を容易にする。

(2) また、光ファイバは、通常、アライメント後に補強のため補強キャピラリーの透孔内に接着固定されるが、この接着剤が反射面79を汚染して、その反射性能を変動させるという問題を生ずることがあるが、上記除去部分81は、接着剤に対しトラップ機能を示し、反射面79の汚染を防止することができる。

補強キャピラリー63の除去部分81に、上記の効果を発揮させるためには、前記補強キャピラリー63の先端面の、前記反射面79をなす約半部と、他の約半部との境界線が、前記反射面を形成する約半部、及び前記他の半部のそれぞれを通る前記放射モード光の伝播路の中間にあり、かつこの境界線が、前記キャピラリーの先端面において、前記補強キャピラリーの透孔の中心軸と交差し、かつ前記境界線と同一方向に伸びる中心線と、前記中心線に平行であって、かつ、前記キャピラリーの中空部の外周線の、前記反射面を形成する約半部側部分に接する接線との間に位置しているようにすればよい。すなわち図10において、補強キャピラリー63の透孔の長手方向中心線に直角をなす断面でみたとき、図11に示されているように、反射面79を形成する約半部と除去部分81との境界線83は、放射モード光の伝播路48a、49aの中間にあり、かつ透孔77の中心軸77aと交差する中心線84と、透孔77の外周に接する接線85との間にいることが

好ましい。換言すれば、図10において、補強キャピラリーの外周から切り込み深さFと、補強キャピラリーの半径Rと、透孔の半径rとの関係は、

$$R \leq F \leq R + r$$

であることが好ましい。

補強キャピラリー63と、その透孔77とは、前述のように同心であることが望ましいが、放射モード光に対し、所望の反射ができる範囲内で、若干偏心していてもよい。また、除去部分81の、補強キャピラリー先端面からの切り込み深さWは、適宜に設定することができるが、一般に作業性及びキャピラリーの強度とが両立するように0.2～1 mmにすることが好ましい。さらに、誘電体基板51に取りつけられる補強部材76及び基板51の端面76aにおける放射モード光の反射の影響を除くために、この端面76aの、光導波路出力部47に直角をなす平面47aとの間に、前述のように5°程度の傾斜角を持たせることが好ましく、また、この端面76aと、補強キャピラリー透孔77の長手方向に直角をなす平面78aとの間に、約7度程度の傾斜角をもたせることが好ましい。

補強キャピラリー63の放射モード光反射面79には、その反射率を高めるために、例えば金属膜（例えば金、クロム又はアルミニウム膜）又は誘電体多層膜（例えばTiO₂膜とSiO₂膜との交互多層膜）を蒸着して、光反射膜を形成することが好ましい。

前記補強キャピラリーの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリーを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光されるようになっていてもよい。

また受光手段の光電変換素子としては、ホトダイオード（PD）を用いることが好ましく、放射モード光を受光して、これを電気信

号に変換して出力する。

本発明の光変調器の一例を図12に示す。図12において、ケース（筐体）57内に、 LiNbO_3 などの強誘電体からなる基板51を固定し、その表面部分に、光導波路52を形成し、この光導波路52は、光導波路入力部86、それから分岐した分岐部87、88、その分岐部出力部44、45、結合部46、及び出力部47を有し、分岐部87、88上に電極53、53aが配置されている。基板51の入力端部には入力端部補強部材89が配置され、その入力端面に、入力側キャピラリー90が接合され（図12においては、両者は離間して画かれている）キャピラリー90の透孔（図示されていない）を通して入力側光ファイバ91が導入され、その先端面が、光導波路入力部86の入力端面に接続されている。

光導波路出力部47は、図10と同様にして、出力側キャピラリー63、出力側光ファイバ78が接続されている。

光が、補強部材90により補強された入力側光ファイバ91から、光導波路入力部86に入力し、この光を分岐部87、88に分配し、電気信号92を、例えばケース57の側面に配置されたコネクタ93を介して電極53、53aに、印加すると、分岐部87及び88を伝播する光波の光位相が、印加信号92に応じて変化し、この光波が、結合部46において合波し、互に干渉して信号光を発生する。この干渉後の信号光は、キャピラリー63により補強された光ファイバ78を通してケース57の外に出力される。

結合部46で、基板51内の出力光出力導波路部の両側に放射された2つの放射モード光48、49のうち、放射モード光48は、キャピラリー63の内部63aを通りキャピラリー63の先端面の上半部に形成された反射面79において反射され、キャピラリー63の円柱状周面において集光されながら、光導波路の出力部47にほぼ直角をなす方向（ケース57の側面にほぼ直角をなす方向）に放射される。この放射光束

94は、それに対し、それをほぼ直角に、かつ、受光面からの反射光が、反射面に戻らない角度に受光し得るように配置された（ケース57の側面に固定された）受光手段66（光電変換素子、PD）の受光面に受光される。受光された放射モード光による信号は、光電変換素子において電気信号に変換され、この電気信号95は、光出力モニタ信号としてコネクタ96を介して、ケース57の外に出力される。

結合部46から放射された放射モード光49は、キャピラリー63の内部63aを伝播して、その先端面下半部に形成された除去部分81の端面82に到達し、この端面82において受光手段66には到達しない方向82aに反射される。

上記のモニタ機能は、例えばマッハツェンダ型光導波路を有し、分岐部をY型合波する構成の光素子において、得ることができる。

本発明の光変調器において、出力側補強キャピラリーを伝播した放射モード光を受光手段の光電変換素子に受光させることのない出力側補強キャピラリー先端面の非モニタ半部の構成は、前記図10, 11, 12に記載されたものに限定されるものではなく、この非モニタ半部を、放射モード光に対し、非反射表面により形成してもよく、或は、この非モニタ半部より反射された放射モード光を、キャピラリー周面と、光電変換素子との間に配置された遮光手段により遮光してもよく、或は、キャピラリー内部に、非モニタ半部に指向する放射モード光を遮断する手段、例えば、遮光凹部の形成、又は遮光板の挿入などを施してもよい。

図10, 11, 及び12においては、基板の端面における放射モード光の反射を少なくするために、基板端面を、基板表面の光導波路出力部47の方向に対して直角をなす平面から基板表面内において（水平方向に）約5度傾斜させる場合について説明したが、基板の端面を、基板表面に対して、傾斜させた場合には、キャピラリーを図13に

示すように形成することが、その加工を容易にするために有効である。

図13において、基板51及びその補強部材76が、ケース57内の底面上に支持具96により支持配置され、その出力側端面を、基板表面に対して直角をなす平面から、垂直方向に傾斜して形成し、この基板出力側端面に、補強キャピラリー63の一端面を接合し、このとき、補強キャピラリー63の透孔（図示されていない）の長手方向上心線を、基板表面に対し、42～48度傾斜させる。補強キャピラリー63の先端面79を、この先端面と、中空部の長手方向中心線を含む垂直平面と平行な平面との交差線により、2分し（この場合は、この交差線の左右に2分する）この2分された一方の半部を、反射面として用い、この反射面から反射された放射モード光を、キャピラリーの円柱状周面により集光して、受光手段66の光電変換素子（例えば、ケース57の底面に配置）の受光面に受光させる。補強キャピラリー63の他の半部は、非モニタ面とする。反射面と、非モニタ面との境界線は、図11と同様に設定することが好ましく、非モニタ面は、前述と同様に形成すればよい。

図10～13に示された本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、下記の効果を有するものである。

1) 構造が簡単である。

すなわち、光強度変調器素子の形状並びに構造、素子の実装方法および技術とも、モニタ出力がないものと同一であり、新たな技術を必要としない。

2) モニタ出力光は空間伝搬であり、導光用ファイバなどを必要としない。

従って、ケース内への光導波路素子組込時に、モニタ光出力用導波路へのファイバ接続、光導波路素子上への受光素子の取付と配線

等の特殊作業が不要である。また、受光素子並びにその配線などを予めケース内に組み込んでおくことが可能であり、更に上記作業を行うためにケース内に特別な設計を行うことが不要である。

3) モニタ光を任意な方向に放射させることが可能である。

従って、受光素子の位置を自由に選ぶことができるのでケース内の空いている部分に受光素子を置くことが可能であり、ケース内に受光素子を置くための特別な設計を行うことが不要となる。

4) 放射モード光を使用する。

非強度変調器としては通常捨てている光である放射モード光をモニタとして使用するため、光導波路素子にモニタ光出力用分岐部等の特別な設計部分を設ける必要がないばかりか、変調器で問題となる光の透過ロス増大をまねくことが無い。

従って、従来型の光強度変調素子そのまま使用可能であり、モニタ用光導波路分岐部やモニタ光取り出し用レンズの配置が不要である。

5) モニタ出力の、環境気候による外乱変動が少なく、又はなく、正確なモニタが可能である。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、放射モード光をモニタ用光として利用するため、簡単な構造及び配置によりモニタ光検知手段を設けることができ、しかも、外乱による変動が少なく、又は無いという利点を有し、有利に実用できる。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様(2)において、前記光導波路素子の光導波路が、前記出力光出力導波路部とともに導波路結合部に連結されたモニタ光出力導波路部を有し、このモニタ光出力導波路部の出力端からモニタ光が出力される。

この態様(2)の一例において、前記モニタ光出力導波路部の出力端に、モニタ光出力用光ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形成されかつ前記モニタ光出力用出ファイバ片よりも長いモニタ光用溝の中に保持され、このモニタ光用溝の、前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端に対向する端面はモニタ光反射面を形成していて、前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端から出力されたモニタ光は、前記反射面において反射され、

前記モニタ光受光手段が、前記反射されたモニタ光を、モニタ光力光として受光する。

この態様の出力光モニタ付光導波路型変調器の一例の平面説明図が図14に示されており、図15は、図14の変調器の正面一部断面説明図であり、図16は、図14及び図15の本発明の変調器から出力される主信号光の波形及びモニタ光の波形の一例を示すグラフである。

図14、15及び16において、光導波路型変調器 101は変調器チップ 102、並びに補強キャピラリ 103と、モニタ光受光部 104とを有している。変調器チップ 102は、図15に示されている変調器チップ 102と同一の構成を有する。図14、15においては変調器チップ 102の一部のみが図示されている。

変調器チップ 102において、誘電体 (LN) 又は半導体 (G_aAs) などからなる基板 104の表面部分に表面導波路が形成され、この表面導波路は、複数の表面導波路部105、106と、これらの導波路部105、106が収斂結合する結合部 107と、この結合部に連通する主出力導波路部 108と、モニタ光出力導波路部 109とを有している。補強キャピラリ 103の光ファイバ保持基板 110は、基板 104の出力側端面に接合されている。この接合部は補強部材 111により補強されている。

主出力導波路部 109は、主出力光ファイバ 112の一端面に連続されており、この主出力光ファイバ 112は、補強キャピラリ 103の光

ファイバ保持基板 110に形成された主出力用V形溝 113中に保持され、主出力光ファイバ 112の他端部分は、光ファイバ保持基板 110の外に伸び出ている、主出力導波路部 109から出力され、さらに主出力光ファイバ 112を通った主出力光 114は、変調器 101の外に出力される。

V形溝 113は、その長手方向に沿って互に対向する1対の傾斜側面を有する。

モニタ光出力導波路部 108はモニタ出力光ファイバ片 115の一端面に接続されていて、このモニタ出力光ファイバ片 115は、光ファイバ保持基板 110に、前記主出力光用V形溝とは別に形成されたモニタ光用V形溝 116中に保持されている。このモニタ光用V形溝 116は、その長手方向に沿って互に対向する1対の傾斜側面と、長手方向軸に対して傾斜している傾斜端面 117を有し、前記モニタ出力光ファイバ片 115の末端面は、前記傾斜端面 117に対向していて、モニタ光 118がこのモニタ出力光ファイバ片 115の他端面から、傾斜端面 117に向って放射される。この放射されたモニタ光 118は傾斜端面 117において、上方に反射される。

モニタ用V形溝 116の上方にモニタ光受光手段 104が配置されていて、このモニタ光受光部 104は光電変換素子（ホトダイオード（PD））119を含み、この光電変換素子 119はモニタ用V形溝 116の傾斜端面 117から反射されたモニタ光 118を受光し、モニタ光を電気信号に変換する。光電変換素子 119は、保持部材 120により保持されている。

補強キャピラリ 103の光ファイバ保持基板 110は、例えばSi単結晶から構成され、主出力用V形溝 113の傾斜側面並びにモニタ用V形溝 116の傾斜側面及び傾斜端面 117は、Si単結晶に対し、異方性エッチングを施して形成される。このエッチングにおいて、Si単結

晶の< 111>面が選択エッチングされ、傾斜角54.7度のV形溝が形成される。V形溝の形状及び上端幅は、ホトリソグラフによって正確に設定することができ、V形溝の上端幅は、任意の大きさと形成することができる。

図15に示されているように、主出力用V形溝 113及びモニタ用V形溝 116のそれぞれに保持されている光ファイバ112, 115の周面上部は、ファイバ保持基板 110の上端面 121よりも上方に突出していることが好ましく、この突出部の高さは30 μ m以上であり、かつ光ファイバ外径の1/2以下であることが好ましい。このとき、光ファイバの中心線 122は、ファイバ保持基板 110の上端面 121より低く位置することになる。補強キャピラリ 103において、光ファイバ 112, 115の上に押え板 122が配置される。

図16に示されている印加電圧－光出力関係図から明らかなように、主出力光 114と、モニタ光 118とは、相補的な波形を有し、モニタ光 118により、主出力光 114の出力状況を正確に検知することができる。

図17に示されているように、補強キャピラリ 103の光ファイバ保持基板 110のV形溝 113及び 116に保持されている主出力光ファイバ 112及びモニタ出力光ファイバ 115は、接着剤 123によりV形溝 113, 116に接着固定され、さらに、図15及び図16に示されているように、透明な押え板 122により固定されている。補強部材 111は、また、変調器チップ 102の誘電体基板 104と光ファイバ保持基板 110との接合を補強する。

図14及び図15において、モニタ光出力導波路30から出力されたモニタ出力光は、モニタ出力光ファイバ 108の端面から、モニタ光用V形溝 116の傾斜端面 117に向って放射され、このモニタ光は、傾斜端面 117において、上方に向って反射され、この反射されたモニ

タ光 118は、押え板 122を透過して、傾斜端面 117に対向して配置された光電変換素子（ホトダイオード、PD）119により受光され、ここで電気信号に変換される。この電気信号を図2に記載されている変調器と同様に、バイアス制御回路（図14、15には記載されていない）に入力信号として入力し、変調器を制御する光電変換素子は、押え板 122に取り付けられていてもよい。

図18（A）、（B）、（C）に、Siにより形成された、モニタ光用V形溝 116の一例の詳細を示す。図18（A）は、V形溝 116の一部平面説明図であり、図18（B）は、図18（A）のV形溝 116の線A-Aに沿った断面説明図であり、図18（C）は、図18（A）のV形溝 116の線B-Bに沿った断面説明図である。

図18（A）、（B）、（C）において、光ファイバ保持基板 110に、その上表面 121より下に、V形溝 116がエッチングされていて、このV形溝 116は、溝側面124、125を有し、この側面は底線 126で交差する。V形溝 116は、この溝の長手方向軸に対して傾斜して形成された傾斜端面 117を有している。溝側面124、125及び傾斜端面 117は、いずれもSi単結晶の<111>面であって、それぞれ、上表面 121に対して54.7度の傾斜角を有している。

モニタ光用V形溝 116の傾斜端面 117は、その表面を高反射膜、例えば、Au膜により被覆され、その反射率を増大してもよい。また、反射光量を増大させるために、V形溝113、116の深さは、モニタ光出力光ファイバ 115の中心線 122が光ファイバ保持基板 110の上表面 121の水準の下にあるように設定されることが好ましい。前記中心線が、上表面 121をこえて上にあると、傾斜面で反射するモニタ光の光量が減少し、従って、受光手段に入力されるモニタ光量が減少するという不都合を生ずることがある。

さらに、押え板 122により、主出力光ファイバ 112及びモニタ出

力光ファイバ 115が良好な状態に整列するためには、光ファイバ112, 115の各々の周面上部が光ファイバ保持基板 110の上表面 121よりも $30\mu\text{m}$ 以上、光ファイバ外径の $1/2$ 以下の高さだけ突出していることが好ましい。V形溝 116及び 113の深さは、光ファイバ周面上部の光ファイバ保持基板上表面 121からの突出高さが $30\mu\text{m}$ 以上であって、光ファイバ外径の $1/2$ 以下になるように設定することが好ましい。

図19(A)及び(B)には、光導波路結合部 107において主出力導波路部 109及びモニタ出力導波路 108の2出力導波路を収斂結合させ、そして主出力光出力導波路部とモニタ光出力導波路部とに分岐させるときの構成の例が示されている。図19(A)においては、導波路結合部 107にXカプラ又は方向性結合器 127を用いるものである。方向性結合器として、3dB結合器を用いると、その機能はXカプラと同一になる。図19(B)においては、結合部 107に主出力導波路 109を連結させ、主出力導波路 109の一部にTAP用方向性結合器 128を設けて、出力光の一部を分岐させて、モニタ光出力導波路 108を形成する。

本発明に用いられるモニタ出力光ファイバ片 115は、シングルモードファイバであってもよいが、マルチモードファイバ（例えばG150又はG162）であることが好ましく、このようにすると、ファイバのアライメントが容易になる。

本発明の変調器に用いられる導波路チップ 102の幅は、通常 $1\sim 3\text{mm}$ 程度である。一般に、損失なく曲げることができる導波路の曲率は約 5000mm 程度であるから、モニタ出力導波路 108を、例えば図20(A)及び図20(B)に示されているように曲げて、モニタ光を直接光電変換素子(PD) 119に導入し得るようにすることは、実際には不可能である。

本発明の態様（２）の出力光モニタ付光導波路型変調器の他の例において、

前記モニタ光出力導波路部の出力端にモニタ光出力用光ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形成されかつ前記モニタ光出力用光ファイバ片よりも長くないモニタ光用透孔又は溝の中に保持され、

前記補強キャピラリ中の、前記モニタ光用透孔又は溝が、前記補強キャピラリと前記光導波路素子との接合面から遠ざかるにつれて、前記出力光用透孔又は溝からも遠ざかるように傾斜して形成されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面は、前記モニタ光受光手段に指向していて、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面から出力されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の上記の例の構成を図21に示す。

図21の変調器 131において、導波路チップ 132の構成は、前記図14、15に示されたものと同一である。光ファイバ保持部 133において、光ファイバ保持基板 134に形成された主出力光用V形溝 113及びそれに保持されている主出力光ファイバ 112は、前記図14、15に示されたものと同一である。しかし、光ファイバ保持基板 134に形成されたモニタ光出力光用V形溝 135は、主出力光用V形溝 113に対して、それから遠ざかる方向に傾斜して伸びており、その中に、モニタ出力光ファイバ片 136が保持されており、このモニタ出力光ファイバ片 136は、光ファイバ保持部 133を横切って光ファイバ保持基板 134の外に伸び出し、その端面は、受光手段 104の光電変換

素子 119に対向している。モニタ出力光ファイバ 136の端面から出力されたモニタ光 118は光電変換素子 119により受光され、こゝで、電気信号に変換される光電変換素子 119は、保持部材 120により保持されている。この変調器においても、モニタ出力光ファイバ部はマルチモード光ファイバであることが好ましく、表面導波路の結合部にXカップラ又は方向性結合器が配置されていることが好ましく、或は、表面導波路の結合部に主出力導波路部が連結され、この主出力導波路部に方向性結合器を介して、モニタ出力導波路部が連結されていてもよい。モニタ出力光ファイバ片 136の長さは、モニタ光出力光用V形溝 135の長さより短くないことが必要であって、V形溝 135の長さと等しくてもよいが、図21に示されているようにより長いことが好ましい。

本発明の態様（2）の出力光モニタ付光導波路型変調器の上記の例において、導波路チップにおける主出力導波路の幅が $250\mu\text{m}$ 程度であり、主出力光ファイバの光ファイバ保持基板の外における外径が $250\sim 400\mu\text{m}$ であるため、従来は主出力導波路と、主出力光ファイバとの干渉により、変調器チップの端面からの光放射を光電変換素子（PD）により変調器モジュール内で直接受光することが困難であったが、本発明の変調器の態様（2）の上記例においては、それが可能になり、寸法形状の制約が少なく、信頼性が高く、コストの安く実用性の高い出力光モニタ付光導波路型変調器の提供が可能である。

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器の態様（2）の更に他の一例において、

前記光導波路素子のモニタ光出力導波路部が、前記出力光出力導波路部とともに、前記複数の表面光導波路部に、前記導波路結合部において、方向性結合部、クロスカップラ構造、又は TAPカップラ構造

を介して結合されており、

前記出力光出力導波路の出力端は、前記補強キャピラリの透孔又は溝を通して挿入された光ファイバの入力端に接合されており、

前記補強キャピラリが、光伝播性材料により形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力されたモニタ光は、前記補強キャピラリの中を伝播し、これを透過して、又は前記補強キャピラリに設けられた光反射面部により反射されて前記モニタ光受光手段により受光され、

前記出力光出力導波路部の出力端と、前記モニタ光出力導波路部の出力端とは、互いに間隔をおいて離間しており、この離間間隔は、前記モニタ光出力導波路から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播するモニタ光が、前記出力光出力導波路の出力端から出力された出力光により影響を受けないために十分に大きく設定される。

補強キャピラリ用光伝播性材料は、シリコン材料（例えばシリコン単結晶）、透明ガラス材料（例えば石英ガラス、又はホウケイ酸ガラス）、又は透明セラミック材料から選ぶことが好ましい。

上記変調器において、

前記補強キャピラリの先端面には、前記モニタ光出力導波路の光軸に斜交する反射面部が形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播したモニタ光は、前記反射面部において、前記モニタ光受光手段に向って反射されることが好ましい。

また、前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光されてもよい。

さらに、前記補強キャピラリの先端面の、前記モニタ光受光手段

に指向するモニタ光の伝播及び出力に関与しない非モニタ面部の少なくとも一部分が切除されていてもよい。

さらに上記変調器において、前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを収容する透孔の長手方向軸に対して斜交していて、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されてもよい。

また、前記補強キャピラリが前記透孔を有する中空円筒形をなしていることが好ましく、この場合、前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記中空円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、中空円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される。

また図11により説明したように、前記補強キャピラリの先端面の、前記反射面部と非モニタ面部との境界線が前記放射モード光の前記反射面部に至る伝播路と、前記非モニタ面部に至る伝播路との中間にあり、かつこの境界線が、前記補強キャピラリの先端面において、前記透孔の長手方向軸と交差し、かつ前記境界線と同一の方向に伸びる中心線と、この中心線に平行であってかつ前記補強キャピラリの透孔部の外周線の、前記反射面部を形成している部分に接する接線との間に位置していることが好ましい。

さらに、前記補強キャピラリの先端面非モニタ面部が、前記補強キャピラリの先端面の反射面部を残して他の面部を内側に切り込み除去することによって形成されていてもよい。

さらに前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部が、前記放射モード光を反射することのない非反射性面からなってもよく、前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して、この非モニタ面部において反射された反射モード光を遮断する手段が、前記非

モニタ面部と、前記モニタ光受光手段との間に配置されていてもよい。

図22により、前記態様の本発明の出力光モニタ付光導波路型素子の構成を説明する。

図22において、誘電体基板 102上に複数の表面光導波路部105, 106を有する光導波路が形成されており、その入力側端面は入力側光ファイバ91に接合されている。複数（図22においては2個）の表面導波路部105, 106は結合部 107において結合し、この結合部 107に結合されている出力光導波路部 109の出力端は出力側光ファイバ 112に接合されている。この出力光導波路部 109の出力端と、出力側光ファイバ 112との結合部を補強するために、補強キャピラリ 140が、基板 102及び出力光導波路部 109に接合されており、この補強キャピラリ 140は、出力側光ファイバ 112を挿入するための透孔112aを有している。

上記構成を有するマッハツェンダ型光導波路を有し、ON/OFF 信号出力を得る光素子、例えば光変調器において、OFFモード状態、すなわち光信号が出力されていない状態において発生する放射モード光（モニタ光）142は、表面導波路の結合部近傍より光信号出力が導波される出力光導波路に対して、斜め外側方向の基板内に放射される。この放射モード光（モニタ光）142は通常基板内を伝播し、最終的には基板端面より外部に放射される。また、この放射モード光（モニタ光）142の光量は出力光導波路内を通る光信号出力の光量と相補性があるため、放射モード光（モニタ光）142を検知することにより光信号出力のモニタが可能である。

光変調器の基板端面には、光導波路からの光信号出力を受け取り変調器の外部に導光するための光ファイバ 112が取り付けられるが、この光ファイバの外径は $125\mu\text{m}$ と非常に細いため、基板端面に

単純に接着しただけでは接着強度が不足する。このため、ファイバ補強部材キャピラリ 140を使用して光ファイバ 112を被覆し、この補強キャピラリ 140の1端面を、基板 102の端面に接着することにより光ファイバと光導波路との接続部を補強保護し、その接着強度を向上させることができる。一般に、この補強用キャピラリには、通常シリコン材料あるいはセラミックス材料が使用されている。ここで、補強キャピラリを、その材質として信号光／放射モード光（モニタ光）が透過するものを用い、さらに、基板端面より放射される前記放射モード光（モニタ光）を受光し得る大きさに形成すれば、モニタ光 142をこの補強キャピラリ内に導光することができる。

前記補強キャピラリの反対側端面141(光ファイバ補強部材の、光導波路素子の出力端面に接着されている接合端面に対し反対側の面)を、図22に示されているように前記出力光導波路部 109の光軸と斜交するように形成すると、この傾斜端面において、補強キャピラリ 140中を伝播してきたモニタ光 142が反射され、補強キャピラリ 140の外（出力光ファイバが取り出される方向とは異なる上、右、下、左のいずれかの方向）に導出される。この導出された光を、光導波路素子とは別個に配置された受光手段、例えばフォトダイオード(PD) 104に受光してモニタ光の光量を測定し、その値から、光導波路から出力されている主出力光の光量をモニタすることができる。

しかしながら、上記のシステムにおいては、前述のように、入力側光ファイバから基板内に洩れた光及び、導波路内において散乱して基板中に洩れ出た光などが、放射モード光とともに受光素子に入力するため、モニタ光出力の消光比が劣化するという問題点がある。

消光比とは光素子、例えば光変調器において、ON/OFF 信号出力

するときのモニタ最大出力と、モニタ最小出力の比と定義される。

図22において、基板 102上に形成された複数の表面導波路部105, 106の結合部 107において、主出力光導波路 119から分岐しているモニタ光導波路部 108を形成し、これらの出力端面を、モニタ光を受光し得る大きさの補強キャピラリ 140に結合する。モニタ光導波路部 108の出力端面から出力されたモニタ光は、補強キャピラリ 140内を伝播するから、このモニタ光を受光手段 104に導けばよい。例えば図22に示されているように、補強キャピラリ 140の先端反射面 141において、モニタ光 142が反射されて、受光素子 104において受光される。先端反射面 141と、モニタ光導波路部 108の光軸との斜交角度は反射されたモニタ光の出力光142aが、受光素子手段 104において受光されるように設定すればよい。また、この先端反射面を図23に示されているように、外側に向って凸形の曲面141aに形成し、この反射曲面141aにおいて反射されたモニタ光142aを受光手段 104において収束してもよい。また、反射先端面に反射率の高い膜体、例えばAu, Ptなどからなる反射膜を貼着してもよい。

本発明の変調器において、補強キャピラリ 140中を伝播するモニタ光がその先端面を透過して、（反射することなく）出力され、受光手段に入力されてもよい。

本発明の図22及び図23に示された変調器において、主出力光導波路部の出力端と、モニタ光導波路部の出力端との間隔は、モニタ光導波路部の出力端から出力され、補強キャピラリを伝播するモニタ光42と、主出力光導波路部 109の出力端から出力された主出力光とが、互に影響を受けない（干渉されない）ように設定することが好ましい。より好ましくは、それぞれの光束中心間隔は、出力側光ファイバ 112の半径以上（シングルモード光ファイバの場合は $62.5\mu\text{m}$ 以上）である。

図22及び図23において、モニタ光導波路部 108の出力端から出力されたモニタ光は、補強キャピラリ 140中を伝播し、補強キャピラリ 140の先端面 141又は先端曲面141aにより反射され、反射されたモニタ光出力光142aは、受光手段 104により受光される。このとき、補強キャピラリ 140を伝播するモニタ光の光束は、補強キャピラリ 140の一部分のみを伝播し、このモニタ光の伝播路は、主出力光導波路部 109の出力端から出力された主出力光の伝播路から離間して、これらが、互いに影響を及ぼすことはない。

本発明の変調器において、複数の表面導波路部の結合部において、主出力光導波路部とモニタ光出力導波路部の結合には、例えば図24(A)～(C)に示された方式を用いることができる。図24(A)においては、TAP(タップ)カプラー構造 143によりモニタ光導波路部 106が主出力光導波路部 109に結合されている。この場合、信号光の一部分がモニタ光として、モニタ光導波路 108を通して補強キャピラリ 140に出力される。図24(B)においては、方向性結合器 144が結合部 107に配置され、また図24(C)においては、結合部 107が、クロスカップラ構造 145に形成されている。図24(B)及び(C)の場合、結合部 107において発生した放射モード光が、モニタ光としてモニタ光導波路 108を通して補強キャピラリ 140中に出力される。

図25に示されている本発明の変調器において、補強キャピラリ 140は、モニタ光導波路部 108から入力したモニタ光 142を伝播し、これを先端面 141又は141aにおいて受光手段 104に向って出力し、かつ光ファイバを保持する領域、すなわち有効領域 146を有していればよく、その他の、モニタ光の伝播及び出力に寄与しない領域 147は、光ファイバ 112の保持に支障がない限りカットされていてもよい。

例えば図26に示されているように、補強キャピラリ 140の光導波路素子に接合している接合部140aは、円筒形に形成され、この接合部140aに光ファイバ（図示されていない）を通す透孔112aが形成されているが、接合部140aに連続する中間部140bにおいては、図26において、透孔112aの中心より左半分がカット除去されていて、この中間部140bには前記透孔112aに連続する溝 148が形成されていて、この溝 148中に光ファイバ（図示されていない）を収容保持する。補強キャピラリ 140の、前記中間部140bに連続し、先端に反射面 141を有する先端部140cにおいては、モニタ光の伝播路及び反射部が確保する有効部 146を残して、その他の部分 147はカット除去されている。

前記図25及び図26に示されているように、補強キャピラリの、モニタ光の伝播出力及び光ファイバの保持に寄与しない部分 147をカット除去することにより、光ファイバと光導波路とが、十分に結合されていないことに起因する漏れ光、及び導波路散乱光の発生などによる不要光の受光を防止することができ、かつモニタ光の消光比を向上させるなどの利点を得ることができる。

図27及び図28に示されている変調器においては、光導波路素子 131の基板 102上に入力光導波路部 149、表面導波路部105、106、結合部 107、出力光及びモニタ光出力導波路部108、109を含む光導波路131aが形成され、その上にSiO₂層が形成されるが、光導波路131aの入力光導波路部 149、及び主出力光及びモニタ光出力導波路部109、106が形成されている基体表面部分102a及び102b上には、SiO₂層 150が形成されていない。すなわち、SiO₂層 150は、光導波路131aの入力端及び出力端の近傍においては形成されていないということである。このようにすることによってSiO₂層内の漏洩光が、補強キャピラリに入力することを防止することができ、モニタ光の消光比

を向上されるなどの利点を得られる。光導波路の複数個の表面導波路部105, 106の上には、 SiO_2 層を介して電極 151が配置されており、この電極 151に付荷する電位差により、表面導波路部105, 106を伝播する光波強度に所望の変調を施すことができる。

本発明の上記態様の出力光モニタ付光導波路型素子は、光導波路の結合部から発生するモニタ光を、主出力光と互に影響を及ぼすことなく、効率よく、かつ、主出力光と同程度の消光比で、受光素子に受光することができる。

産業上の利用性

本発明の出力光モニタ付光導波路型変調器は、簡単な構造により、モニタ光を、受光し検知する手段に伝搬して出力光の強度をモニタして、その検知結果に基づいて出力光の強度を制御することができる。

請 求 の 範 囲

1. 誘電体基板、及びその表面に形成された光導波路を含み、前記光導波路が複数の表面導波路部と、これらの表面導波路部が収斂結合する導波路結合部と、この導波路結合部に連続する出力光出力導波路部とを有する光導波路素子、

前記光導波路素子の出力光出力導波路部の出力端に接合されている出力光用光ファイバ、

前記光導波路素子と出力光用光ファイバとの接合部を補強する補強キャピラリ、並びに

モニタ光受光手段
を有し、

前記補強キャピラリは、前記出力光用光ファイバと収容保持する透孔又は溝と、前記光導波路素子の基板の出力側の端面に接合されている接合面と、この接合面の反対側の先端面とを有し、

前記補強キャピラリは、それ自身と、及びその中に配置されたモニタ光用光ファイバとの少なくとも一方により前記光導波路素子から出力されたモニタ光を受光し、伝播し、補強キャピラリの外に出力することができる、

前記モニタ光受光手段は前記補強キャピラリからその外に出力されたモニタ光を受光する位置に配置され、かつ光電変換素子を有する、

ことを特徴とする出力光モニタ付光導波路型変調器。

2. 前記補強キャピラリが光伝播性材料により形成されており、
前記光導波路素子の導波路結合部において発生する放射モード光が、前記誘電体基板中を伝播して、前記光伝播性補強キャピラリにより受光され、

前記補強キャピラリから出力される放射モード光をモニタ光として前記モニタ光受光手段が受光する、

請求の範囲第 1 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

3. 前記補強キャピラリ形成用光伝播性材料が透明ガラスである、請求の範囲第 2 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

4. 前記光伝播材料により形成された、

補強キャピラリの先端面が反射面を形成していて、

前記光導波路素子の光導波路結合部から放射される放射モード光が、前記光導波路素子の前記誘電体基板と、及びその出力側端面に接合された補強キャピラリとの中を伝播して、前記先端反射面において反射され、

前記モニタ光受光手段が前記反射された放射モード光をモニタ出力光として受光する、請求の範囲第 2 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

5. 前記補強キャピラリが円筒形をなしている、請求の範囲第 4 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

6. 前記補強キャピラリが透明ガラス製円筒体であって、その長手方向軸に沿って前記出力光用光ファイバ保持用透孔又は溝が形成され、前記透孔又は溝の長手方向軸と、前記反射面とが斜交する、請求の範囲第 4 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

7. 前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第 6 項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

8. 前記補強キャピラリの先端反射面に光反射膜が形成されてい

る、請求の範囲第4項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

9. 前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光される、請求の範囲第4項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

10. 前記補強キャピラリの接合面が前記光導波路素子に接着剤により接着されており、前記補強キャピラリの底面の、前記接合面の近傍の部分に、前記接着部から流出した前記接着剤過剰部分を収容するための第1汚れ防止溝が形成されていて、それによって、前記補強キャピラリの放射モード光放射面の汚れを防止する、請求の範囲第4項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

11. 前記出力光ファイバと前期透孔又は溝とが接着剤により接着されており、

前記補強キャピラリの底面の、前記反射面の近傍の部分に、前記接着部より流出した接着剤過剰部分を収容する第2汚れ防止溝が形成されていて、それによって、前記補強キャピラリの放射モード光の放射面の汚れを防止する、請求の範囲第4項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

12. 前記光伝播性材料により形成された、前記補強キャピラリの先端面にモニタ光反射面部と、非モニタ面部とが形成されており、

前記光導波路素子の導波路結合部から前記出力光出力導波路部の両側に放射された放射モード光が、前記導波路素子の前記誘電体基板及びその出力側端面に接合された前記補強キャピラリ中を伝播し、

前記放射モード光のうち、前記出力光出力導波路部の片側に放射された部分のみが、前記反射面部において前記モニタ光受光手段に

向って反射され、前記モニタ光受光手段によりモニタ出力光として受光され、前記非モニタ面部に到達した放射モード光は、モニタ光として前記モニタ光受光手段により受光されない、請求の範囲第2項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

13. 前記補強キャピラリが円筒形をなしている、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

14. 前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを収容する透孔又は溝の長手方向軸に対して斜交していて、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

15. 前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第13項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

16. 前記補強キャピラリの先端反射面に光反射膜が形成されている、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

17. 前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の局面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光される、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

18. 前記補強キャピラリの先端面の、前記反射面部と非モニタ面部との境界線が前記放射モード光の前記反射面部に至る伝播路と、前記非モニタ面部に至る伝播路との中間にあり、かつこの境界線が

、前記補強キャピラリの先端面において、前記透孔の長手方向軸と交差し、かつ前記境界線と同一の方向に伸びる中心線と、この中心線に平行であってかつ前記補強キャピラリの透孔部の外周線の、前記反射面部を形成している部分に接する接線との間に位置している、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

19. 前記補強キャピラリの先端面非モニタ面部が、前記補強キャピラリの先端面の反射面部を残して他の面部を内側に切り込み除去することによって形成されている、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

20. 前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部が、前記放射モード光を反射することのない非反射性面からなる、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

21. 前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して、この非モニタ面部において反射された反射モード光を遮断する手段が、前記非モニタ面部と、前記モニタ光受光手段との間に配置されている、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

22. 前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して前記キャピラリ中に前記放射モード光を前記非モニタ面部の上流において遮断する手段が設けられている、請求の範囲第12項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

23. 前記光導波路素子の光導波路が、前記出力光出力導波路部とともに導波路結合部に連結されたモニタ光出力導波路部を有し、このモニタ光出力導波路部の出力端からモニタ光が出力される、請求の範囲第1項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

24. 前記モニタ光出力導波路部の出力端に、モニタ光出力用光ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形

成されかつ前記モニタ光出力用ファイバ片よりも長いモニタ光用溝の中に保持され、このモニタ光用溝の、前記モニタ光出力用ファイバ片の出力端に対向する端面はモニタ光反射面を形成していて、前記モニタ光出力用ファイバ片の出力端から出力されたモニタ光は、前記反射面において反射され、

前記モニタ光受光手段が、前記反射されたモニタ光を、モニタ光出力光として受光する、請求の範囲第23項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

25. 前記モニタ光用溝の他端反射面が反射膜により形成されている、請求の範囲第24項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

26. 前記モニタ出力光用ファイバ片が、マルチモード光ファイバからなる、請求の範囲第24項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

27. 前記光導波路素子の導波路結合部にXカプラ又は方向性結合器が配置され、このXカプラ又は方向性結合器に前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部が連結されている、請求の範囲第24項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

28. 前記光導波路素子の導波路結合部に出力光出力導波路部が連結され、この出力光出力導波路部に方向性結合器を介してモニタ光出力導波路部が連結されている、請求の範囲第27項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

29. 前記モニタ光出力導波路部の出力端にモニタ光出力用ファイバ片の一端面が接続されており、

前記モニタ光出力用ファイバ片は、前記補強キャピラリ中に形成されかつ前記モニタ光出力用ファイバ片よりも長くないモニタ光用透孔又は溝の中に保持され、

前記補強キャピラリ中の、前記モニタ光用透孔又は溝が、前記補

強キャピラリと前記光導波路素子との接合面から遠ざかるにつれて、前記出力光用透孔又は溝からも遠ざかるように傾斜して形成されており、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面は、前記モニタ光受光手段に指向していて、

前記モニタ光出力用光ファイバ片の出力端面から出力されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第23項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

30. 前記モニタ出力光用光ファイバ片がマルチモード光ファイバからなる、請求の範囲第29項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

31. 前記光導波路素子の導波路結合部にXカプラ又は方向性結合器が配置され、このXカプラ又は方向性結合器に前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部が連結されている、請求の範囲第29項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

32. 前記光導波路素子の導波路結合部に出力光出力導波路部が連結され、この出力光出力導波路部に方向性結合器を介してモニタ光出力導波路部が連結されている、請求の範囲第31項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

33. 前記光導波路素子のモニタ光出力導波路部が、前期出力光出力導波路部とともに、前記複数の表面光導波路部に、前記導波路結合部において、方向性結合部、クロスカプラ構造、又はTAP カプラ構造を介して結合されており、

前記出力光出力導波路の出力端は、前記補強キャピラリの透孔又は溝を通して挿入された光ファイバの入力端に接合されており、

前記補強キャピラリが、光伝播性材料により形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力されたモニタ光は、前記補

強キャピラリの中を伝播し、これを透過して、又は前記補強キャピラリに設けられた光反射面部により反射されて前記モニタ光受光手段により受光され、

前記出力光出力導波路部の出力端と、前記モニタ光出力導波路部の出力端とは、互いに間隔をおいて離間しており、この離間間隔は、前記モニタ光出力導波路から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播するモニタ光が、前記出力光出力導波路の出力端から出力された出力光により影響を受けないために十分に大きい、請求の範囲第23項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

34. 前記補強キャピラリの先端面には、前記モニタ光出力導波路の光軸に斜交する反射面部が形成されていて、前記モニタ光出力導波路の出力端から出力され、前記補強キャピラリ中を伝播したモニタ光は、前記反射面部において、前記モニタ光受光手段に向って反射される、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

35. 前記補強キャピラリの先端面に、外側に向って凸形の曲面部が形成されていて、前記補強キャピラリを伝播したモニタ光が前記曲面において反射され、前記モニタ光受光手段において収斂受光される、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

36. 前記補強キャピラリの先端面の、前記モニタ光受光手段に指向するモニタ光の伝播及び出力に関与しない部分の少なくとも一部分が切除されている、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

37. 前記補強キャピラリの前記先端反射面部が、前記出力光用光ファイバを収容する透孔の長手方向軸に対して斜交していて、この反射面部において反射された放射モード光がモニタ光として前記モ

ニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

38. 前記補強キャピラリが円筒形をなしている、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

39. 前記円筒形補強キャピラリの反射面より反射された反射モード光は、前記円筒形補強キャピラリの側面を透過してモニタ光として出射され、このモニタ光は、円筒形補強キャピラリの側面のレンズ作用により、集束され、この集束されたモニタ光が前記モニタ光受光手段により受光される、請求の範囲第38項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

40. 前記補強キャピラリの先端面の、前記反射面部と非モニタ面部との境界線が前記放射モード光の前記反射面部に至る伝播路と、前記非モニタ面部に至る伝播路との中間にあり、かつこの境界線が、前記補強キャピラリの先端面において、前記透孔の長手方向軸と交差し、かつ前記境界線と同一の方向に伸びる中心線と、この中心線に平行であってかつ前記補強キャピラリの透孔部の外周線の、前記反射面部を形成している部分に接する接線との間に位置している、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

41. 前記補強キャピラリの先端面非モニタ面部が、前記補強キャピラリの先端面の反射面部を残して他の面部を内側に切り込み除去することによって形成されている、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

42. 前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部が、前記放射モード光を反射することのない非反射性面からなる、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

43. 前記補強キャピラリの先端面の非モニタ面部に対して、この非モニタ面部において反射された反射モード光を遮断する手段が、

前記非モニタ面部と、前記モニタ光受光手段との間に配置されている、請求の範囲第33項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

44. 前記光導波路素子が、さらに SiO_2 層を有し、この SiO_2 層が前記表面導波路部の入力端部分と、並びに前記出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部の出力端部分を除く残余の部分との上に形成されている、請求の範囲第1～43項のいずれか1項に記載の出力光モニタ付光導波路型変調器。

Fig. 1(D)
PRIOR ART

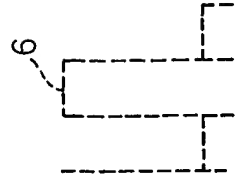


Fig. 1(C)
PRIOR ART

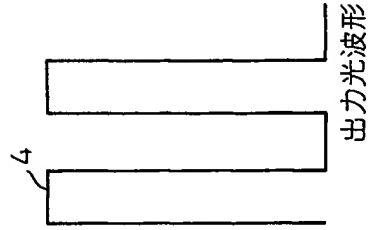


Fig. 1(A)
PRIOR ART

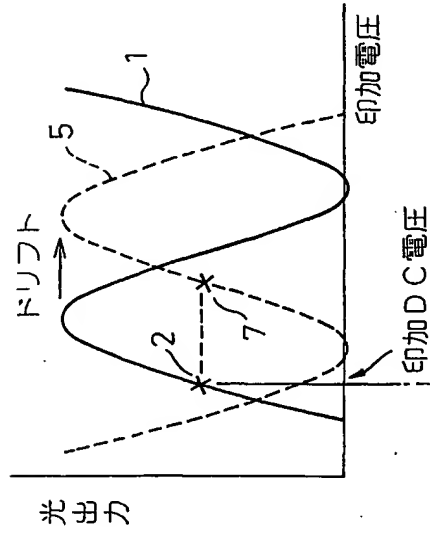
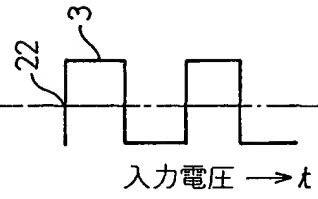


Fig. 1(B)
PRIOR ART



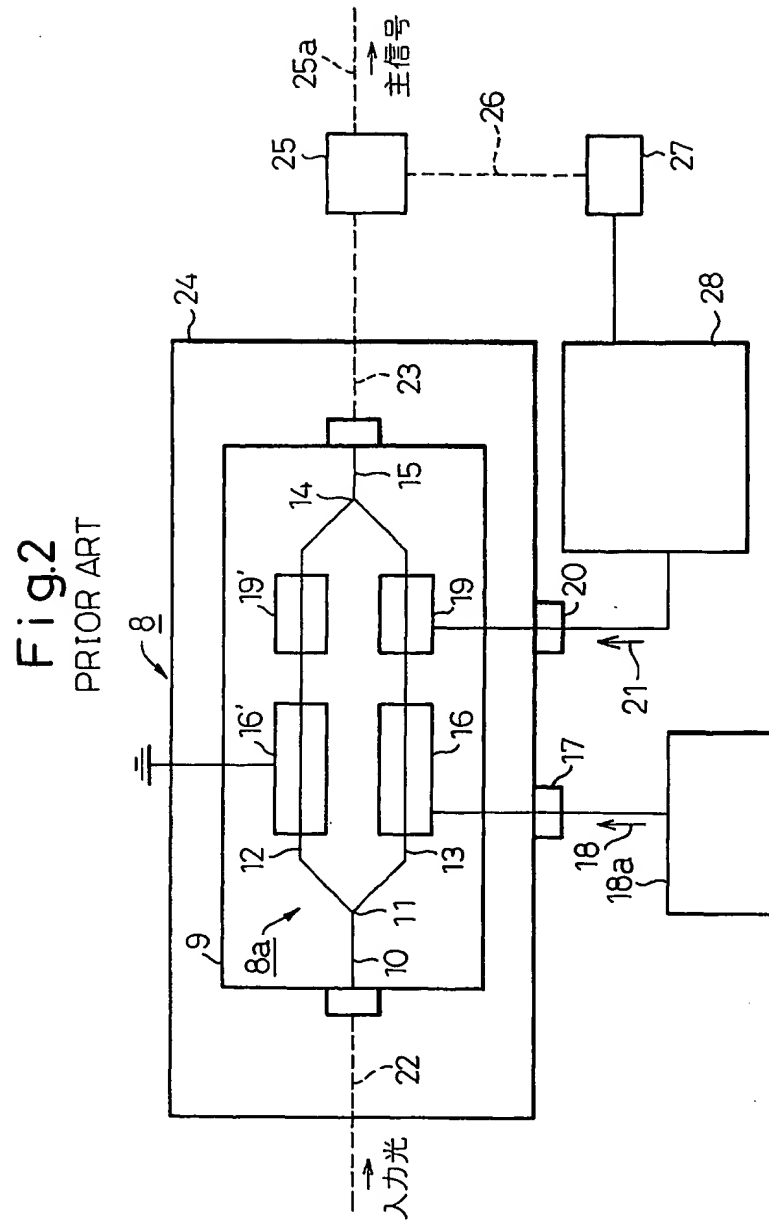


Fig.3
PRIOR ART

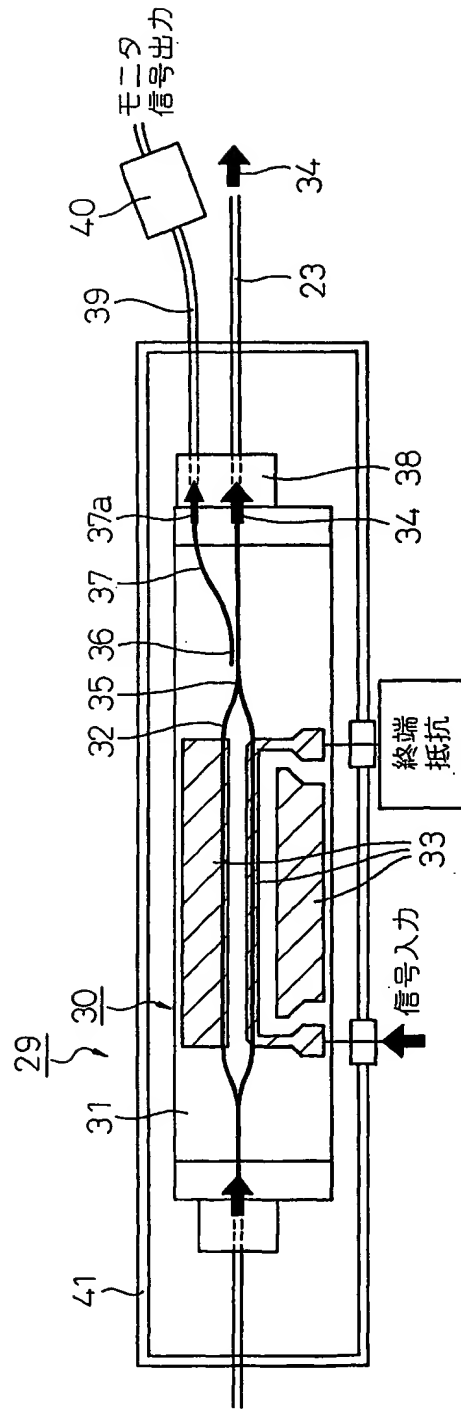


Fig.4(A)

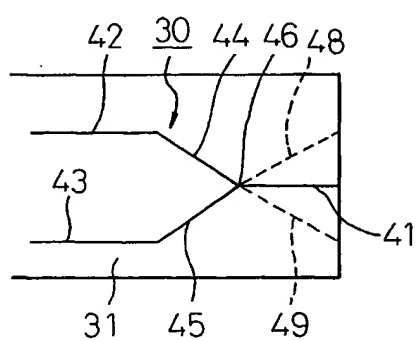


Fig.4(B)

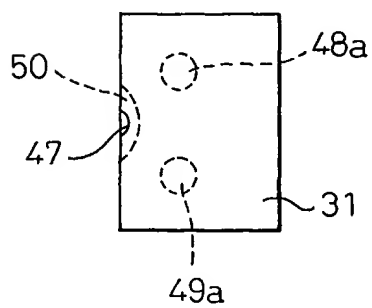


Fig.5

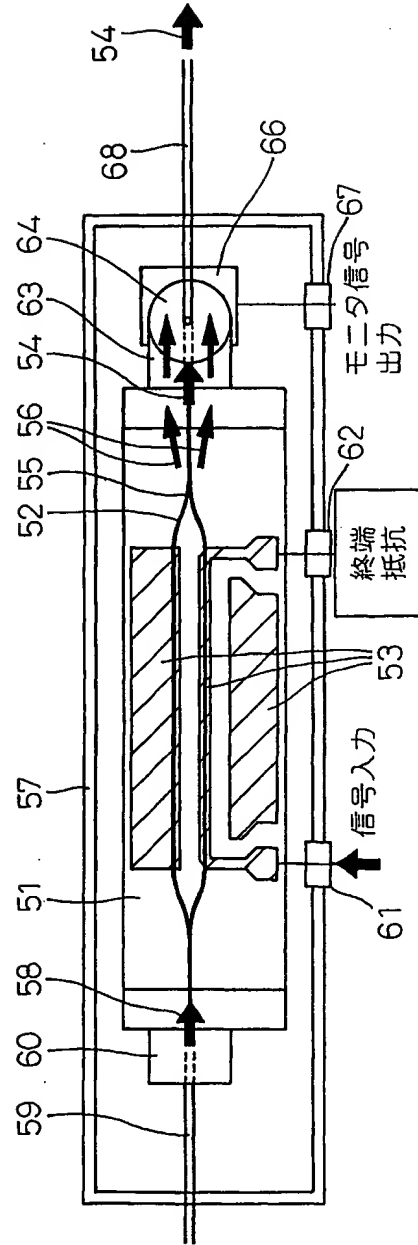


Fig.6

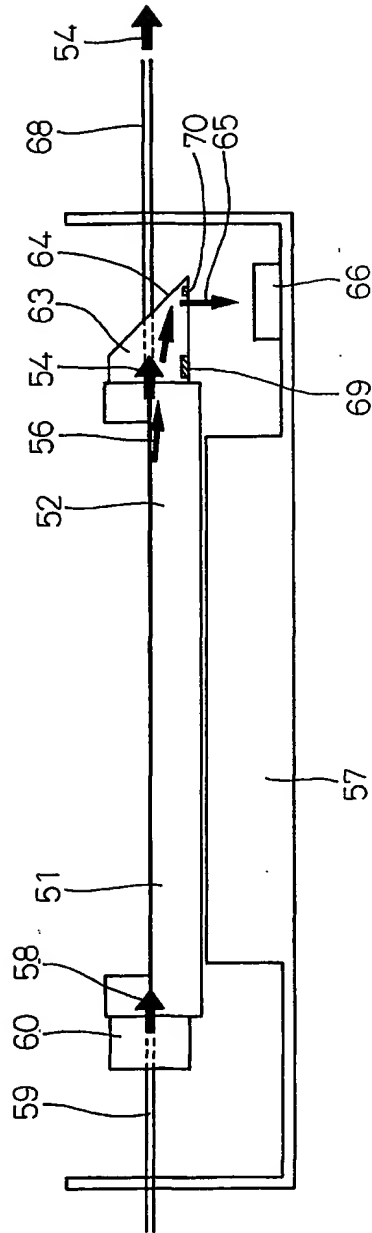


Fig.7

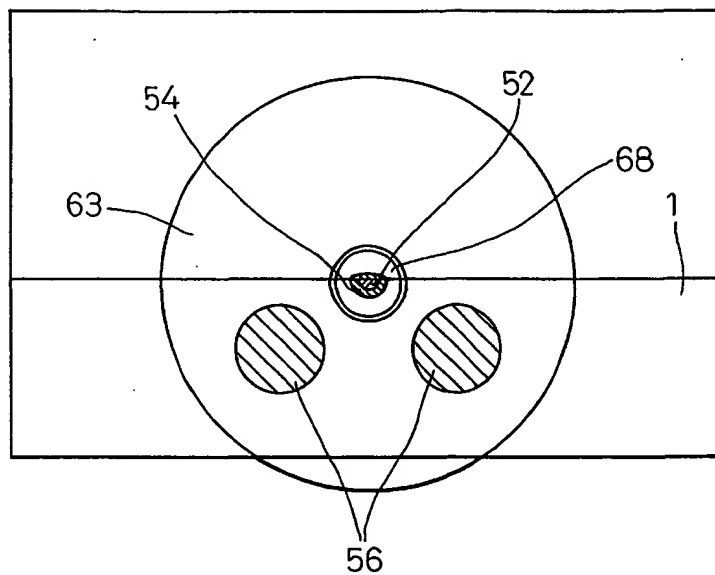


Fig.8

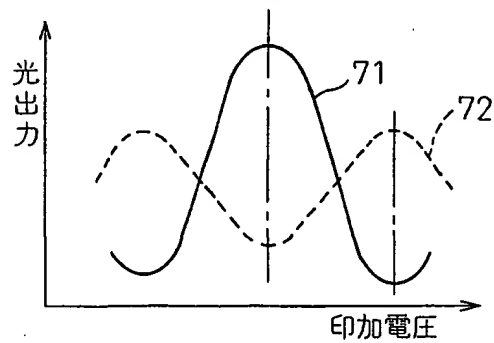


Fig.9

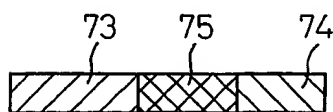


Fig.12

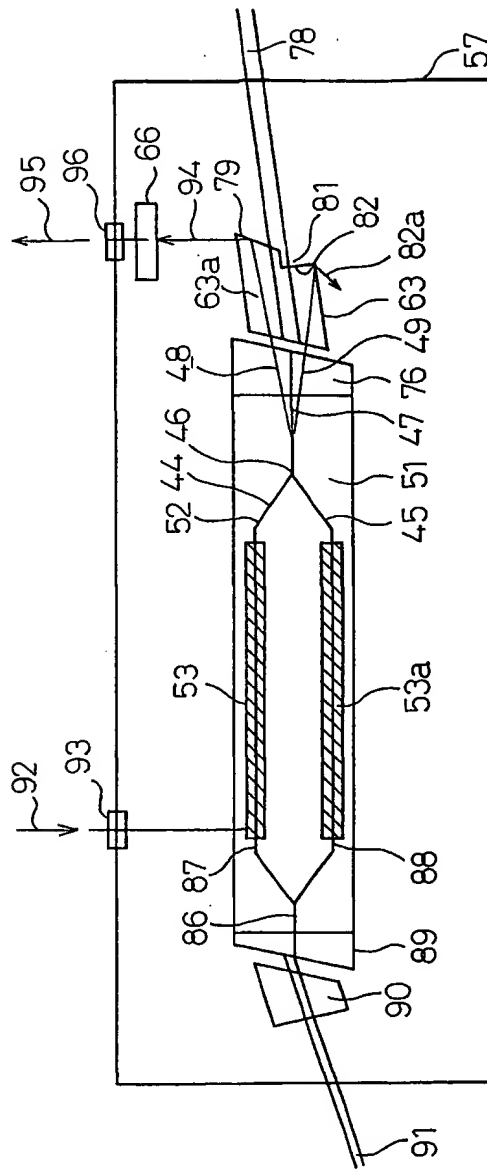


Fig.13

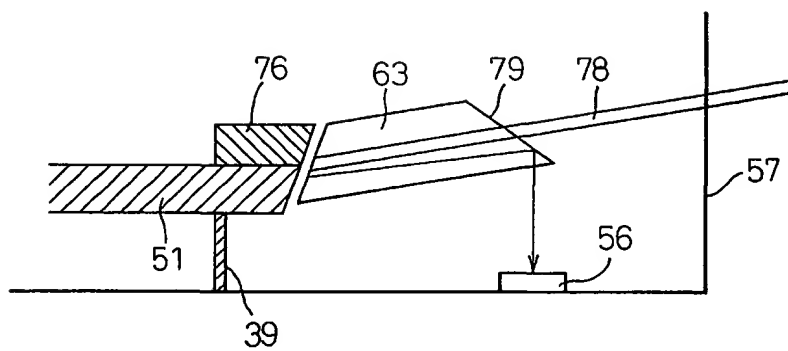


Fig. 14

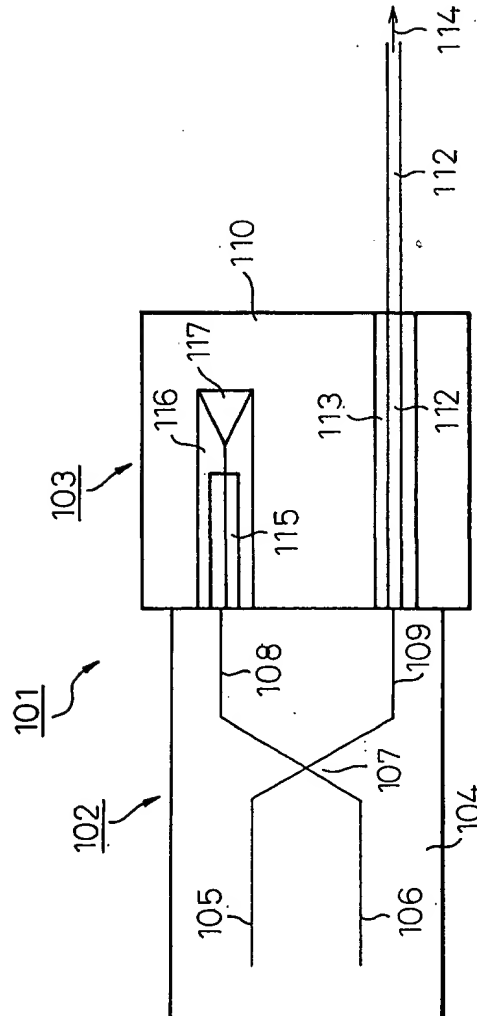


Fig.15

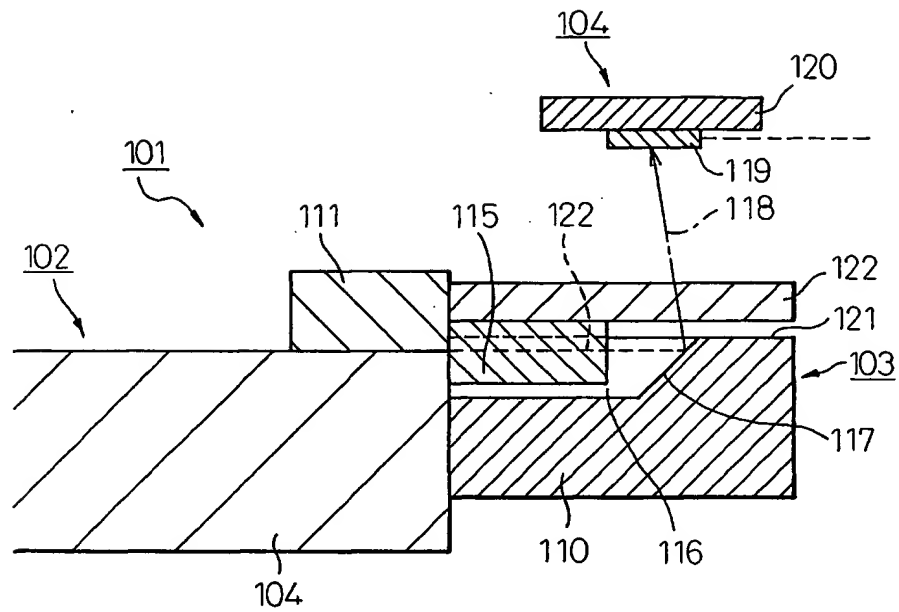


Fig.16

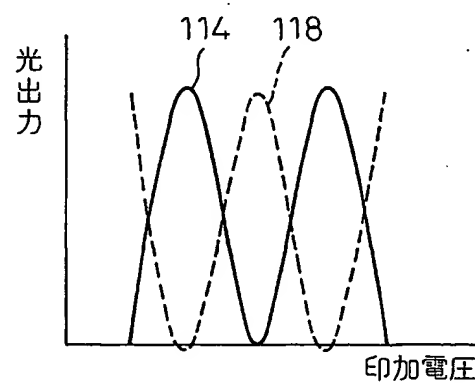


Fig.17

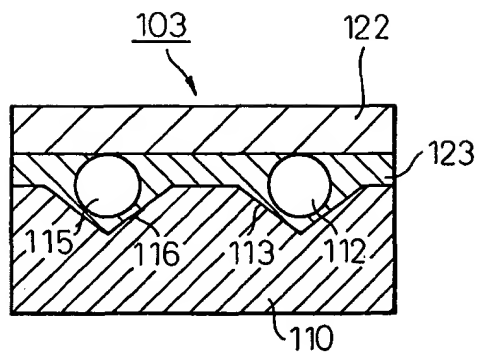


Fig.18(A)

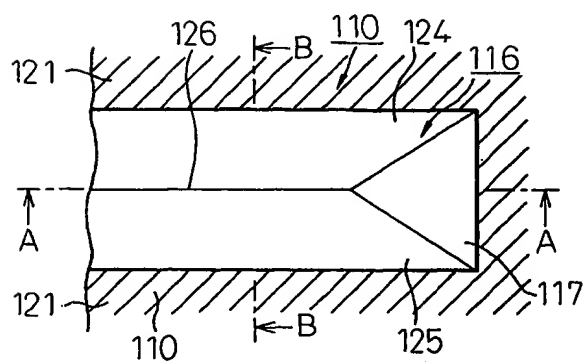


Fig.18(B)

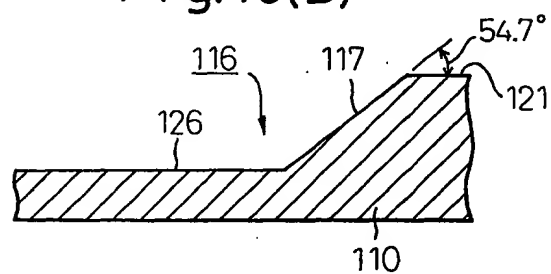


Fig.18(C)

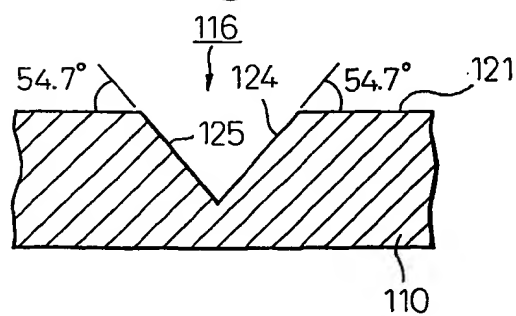


Fig.19(A)

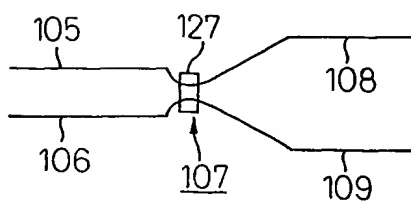


Fig.19(B)

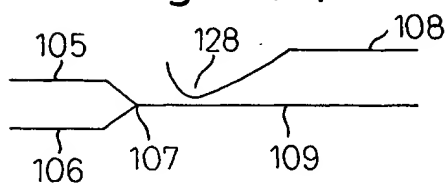


Fig.20(A)

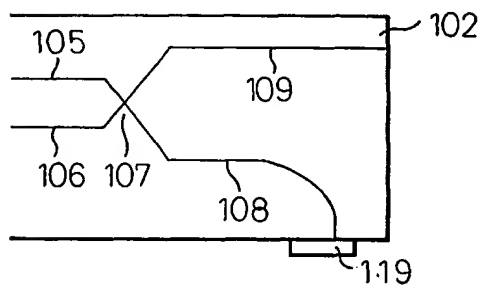


Fig.20(B)

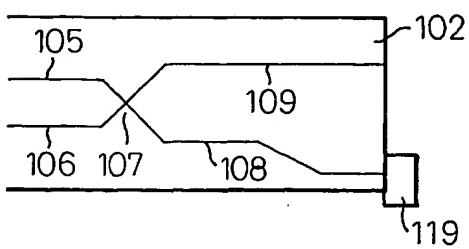


Fig.21

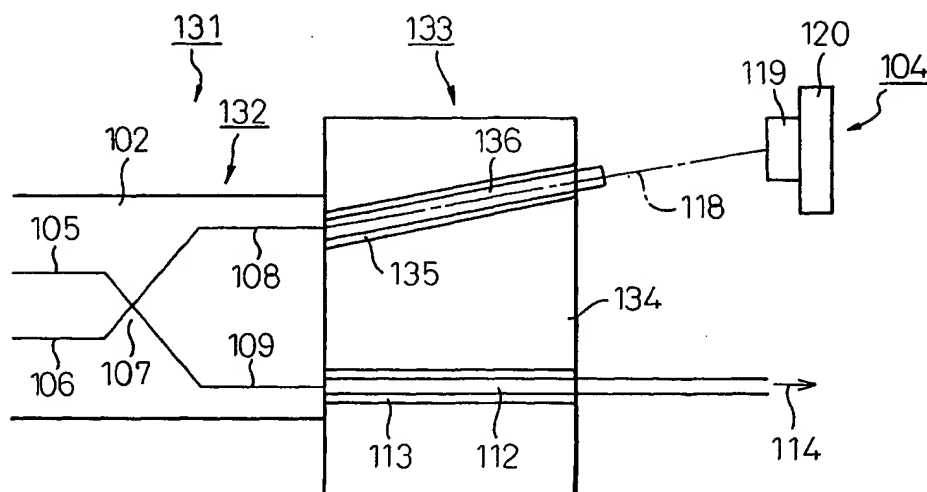


Fig.22

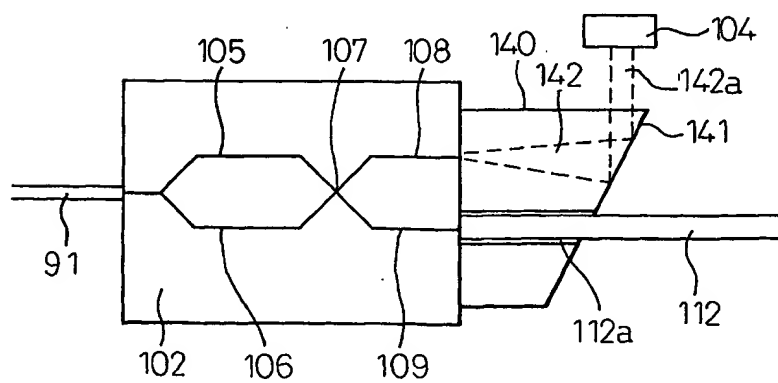


Fig.23

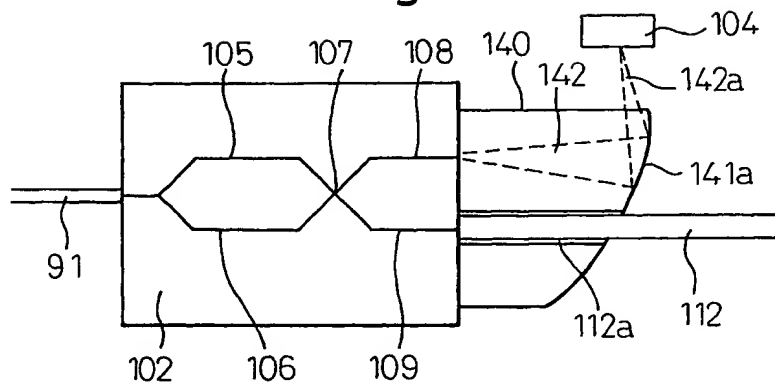


Fig.24(A)

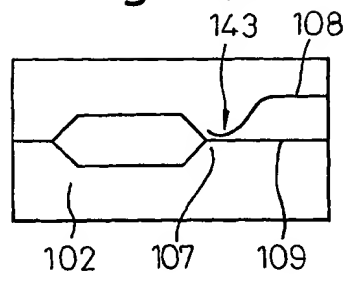


Fig.24(B)

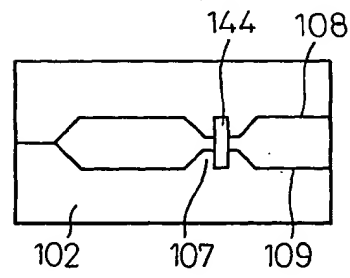


Fig.24(C)

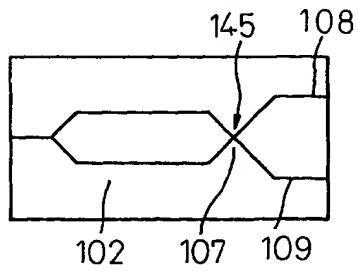


Fig.25

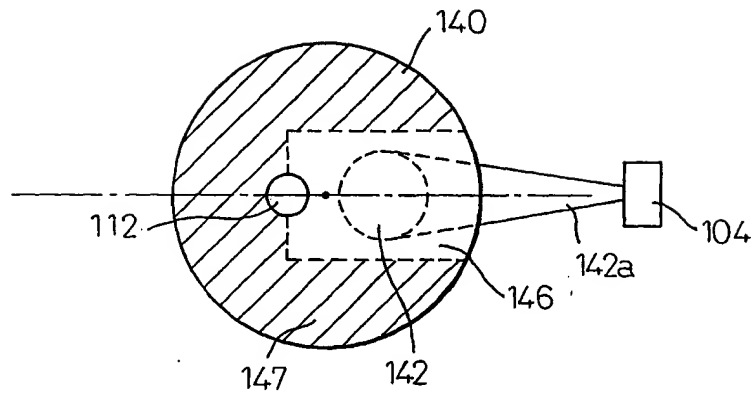


Fig.26

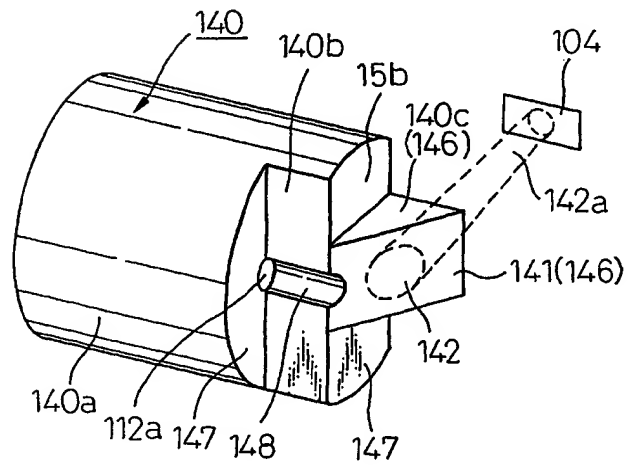


Fig.27

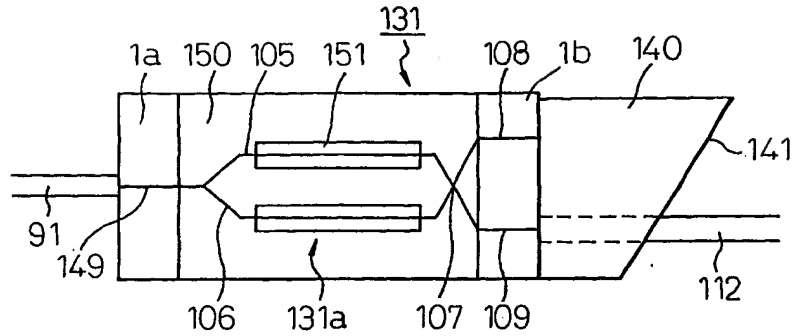
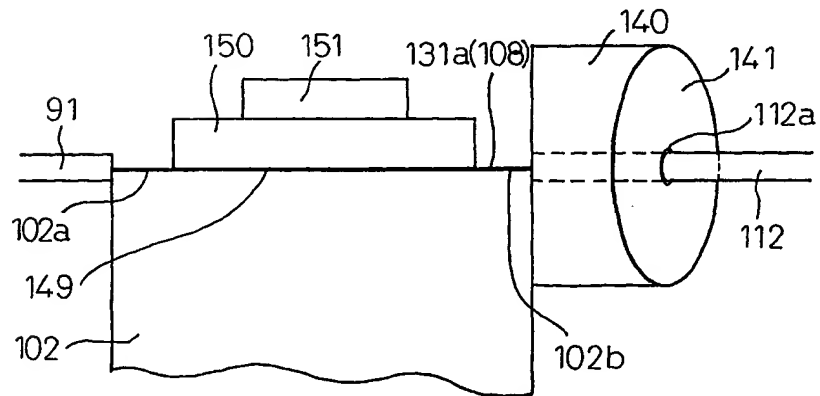


Fig.28



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02073

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ G02F 1/035, G02B 6/30, G02B 6/42		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ G02F1/00 - 7/00, G02B6/30, G02B6/42		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JICST FILE (JOIS) JQUICK FILE (JOIS)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application	1,44
Y	No.154514/1983 (Laid-open No.63822/1985) (Yokokawa Hokushin Electric Corp.),	2-3
A	04 May, 1985 (04.05.85) (Family: none)	4-22
Y	JP, 4-24610, A (Fujitsu Limited), 28 January, 1992 (28.01.92) (Family: none)	2-3,44
A		4-22
A	JP, 3-145623, A (Fujitsu Limited), 20 June, 1991 (20.06.91) (Family: none)	1-22,44
A	JP, 1-267515, A (Fujitsu Limited), 25 October, 1989 (25.10.89) (Family: none)	1-22,44
Y	JP, 2-165117, A (Fujitsu Limited), 26 June, 1990 (26.06.90) (Family: none)	1,23-32,44
A		33-43
Y	JP, 5-100194, A (Sony Corporation), 23 April, 1993 (23.04.93) (Family: none)	1,23-32,44
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 12 April, 2001 (12.04.01)		Date of mailing of the international search report 24 April, 2001 (24.04.01)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02073

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A		33-43
Y	JP, 9-79861, A (TOKIMEC INC.), 28 March, 1997 (28.03.97) (Family: none)	1, 23-32, 44
A		33-43
Y	JP, 5-346395, A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 27 December, 1993 (27.12.93) (Family: none)	24-32, 44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02073

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/02073

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

The invention of claim 1 relates to a modulator for propagating monitor light outputted from an optical waveguide element through at least one of a reinforcing capillary and a monitor light optical fiber disposed in the reinforcing capillary and outputting the monitor light outside the reinforcing capillary.

The inventions of claims 2, 3 relate to a modulator in which a radiation-mode light produced at a waveguide coupling part of an optical waveguide element is received by a light-propagating reinforcing capillary.

The inventions of claims 4-22, 33-43 relate to a modulator in which monitor light is propagated through a reinforcing capillary, reflected from the reflecting surface formed at the fore end face of the reinforcing capillary, and received by light-receiving means.

The invention of claim 23 relates to a modulator comprising an optical waveguide element having a monitor light output waveguide part.

The inventions of claims 24-28 relate to a modulator in which a light reflecting face is provided on an end face of a monitor light groove, the end face being opposed to the output end of a monitor light output optical fiber piece.

The inventions of claims 29-32 relate to a modulator in which a monitor light through hole or groove is so inclined that it is farther from an output through hole or groove as it is farther from the joined surface between a reinforcing capillary and an optical waveguide element.

The invention of claim 44 relates to a modulator comprising an optical waveguide element that has an SiO₂ layer in a portion except for the input end and the output ends of the output light output waveguide part and the monitor light output waveguide part.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JPO1/02073

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02F 1/035, G02B 6/30, G02B 6/42

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. G02F1/00 - 7/00, G02B6/30, G02B6/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JICSTファイル (JOIS)
 JQUICKファイル (JOIS)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	日本国実用新案登録出願 58-154514号 (日本国実用新案登録出願公開 60-63822号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (横川北辰電機株式会社), 4. 5月. 1985 (04. 05. 85) ファミリーなし	1, 44
Y		2-3
A		4-22

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12. 04. 01

国際調査報告の発送日

24. 04. 01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡田 吉美

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

2K 9315

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 4-24610, A (富士通株式会社)	2-3, 44
A	28. 1月. 1992 (28. 01. 92) (ファミリーなし)	4-22
A	J P, 3-145623, A (富士通株式会社)	1-22, 44
	20. 6月. 1991 (20. 06. 91) (ファミリーなし)	
A	J P, 1-267515, A (富士通株式会社)	1-22, 44
	25. 10月. 1989 (25. 10. 89) (ファミリーなし)	
Y	J P, 2-165117, A (富士通株式会社)	1, 23-32, 44
A	26. 6月. 1990 (26. 06. 90) (ファミリーなし)	33-43
Y	J P, 5-100194, A (ソニー株式会社)	1, 23-32, 44
A	23. 4月. 1993 (23. 04. 93) (ファミリーなし)	33-43
Y	J P, 9-79861, A (株式会社トキメック)	1, 23-32, 44
A	28. 3月. 1997 (28. 03. 97) (ファミリーなし)	33-43
Y	J P, 5-346395, A (松下電工株式会社)	24-32, 44
	27. 12月. 1993 (27. 12. 93) (ファミリーなし)	

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1は、補強キャピラリ及びその中に配置されたモニタ用光ファイバとの少なくとも一方により光導波路素子から出力されたモニタ光を伝播し、補強キャピラリの外に出力するものに関する。

請求の範囲2-3は、光導波路素子の導波結合部において発生する放射モード光が、光伝播性補強キャピラリに受光されるものに関する。

以下、第5ページに続く。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第2ページ 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 の続き。

請求の範囲4-22, 33-43は、モニタ光が、補強キャピラリの中を伝播し、補強キャピラリの先端面に掲載された反射面により反射されて、受光手段により受光されるものに関する。

請求の範囲23は、光導波路素子が、モニタ光出力導波路部を有するものに関する。

請求の範囲24-28は、モニタ光用の溝のモニタ光出力用光ファイバ片の出力端に対向する端面に光反射面が形成されているものに関する。

請求の範囲29-32は、補強キャピラリ中のモニタ光用透孔または溝が、補強キャピラリと光導波路素子の接合面から遠ざかるにつれて出力用透孔または溝からも遠ざかるように傾斜されているものに関する。

請求の範囲44は、光導波路素子が、入力端、出力光出力導波路部及びモニタ光出力導波路部の出力端をのぞく残余の部分にSiO₂層が形成されているものに関する。